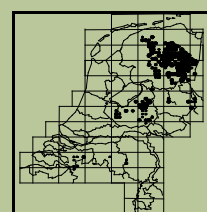




LON



adviesbureau voor
korstmosonderzoek

Monitoring van korstmossen in de provincie Overijssel, 1989 – 2020

C.M. van Herk

2021



Monitoring van korstmossen
in de provincie Overijssel,
1989 – 2020

Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (LON)

in opdracht van

Provincie Overijssel

C.M. van Herk

2021

omslag, bovenaan, van links naar rechts:

Bosschildmos (*Flavoparmelia caperata*)
Witte schotelkorst (*Lecanora chlarotera*)
Klein dooiermos (*Polycauliona polycarpa*)
Eikenmos (*Evernia prunastri*)

omslag, onderaan:

links: soortenrijke bomenrij aan de rand van nieuwbouwwijk in Enschede
midden: groep vrijstaande eiken op de Sallandse Heuvelrug
rechts: bomenrij bij Holten met o.a. Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*)

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 Overijssel worden al sinds 1986 op bomen groeiende korstmossen gemonitord. Onderzoeksrondes waren er in 1986/89, 1994, 1999, 2005 en 2015. Deze waren tot 1999 'vlakdekkend', d.w.z. met 6 meetpunten (boomgroepen) binnen een uurhok (5 x 5 km²). Deze dichtheid maakt het mogelijk om gedetailleerde kaartbeelden samen te stellen. Tijdens de voorlaatste ronde, in 2005, werd een aanzet gemaakt naar de omvorming tot een meetnet met nadruk op tijdreeksen.

Tot 1990 waren de korstmossen bruikbaar om de zwaveldioxide (SO₂) vervuiling in beeld te brengen. Tegenwoordig zijn de concentraties daarvan sterk gedaald, en een daarop gerichte monitoring heeft nu nog maar beperkt nut. De ammoniak (NH₃) problematiek was in 1986 de belangrijkste reden om het meetnet te starten. De aan NH₃ te relateren ruimtelijke verschillen en de veranderingen in de tijd zijn alle rondes uitgebreid gedocumenteerd. In 2002 werd voor het eerst een verkeersgerelateerd effect van ammoniak opgemerkt, vooral in steden en langs drukke wegen. Dit hangt samen met een onbedoeld neveneffect van katalysatoren van auto's, met als gevolg uitstoot van NH_x. Meer recent leidt ook de toepassing van AdBlue in dieselloertuigen tot onbedoelde ammoniakuitstoot. Het is niet aangetoond dat stikstofminnende korstmossen op stikstofoxiden (NO_x) reageren.

Het onderhavige onderzoek van 2020 beoogt een actualisering van stand van zaken met nadruk op de effecten van ammoniak in en rond Natura 2000-gebieden. Vooral daar is meer monitoringsinspanning wenselijk. Het gaat daarbij niet alleen om de meest recente ontwikkelingen, maar ook om een analyse van alle veranderingen sinds 1989. Van diverse graadmeters voor ammoniak, zoals NIW en AIW, maar voor klimaatsverandering zijn tijdreeksen berekend die de verandering tussen 1989 en 2020 in beeld brengen. Namens de provincie Overijssel werd het project begeleid door de heer dr. P. Bremer (team Beleidsinformatie).

drs. C.M. van Herk
Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (LON)
Wielewaal 42
3766 VC Soest
tel. 035-6018541
e-mail lonsoest@wxs.nl

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING en METHODE	8
1.1	Wat zijn korstmossen?	8
1.2	Relaties met het milieu	8
1.3	Het provinciale korstmossenmeetnet	9
1.4	De herhalingsronde in 2020	10
1.5	Welke graadmeters zijn onderzocht?	11
1.6	Hoe zijn de veranderingen berekend?	17
2	RESULTATEN	19
2.1	Het aantal soorten korstmossen per meetpunt	19
2.2	De hoeveelheid ammoniakminnaars	20
2.3	De hoeveelheid ammoniakminnaars gecorrigeerd voor verkeer	25
2.4	Ammoniakminnaars: Salland en Twente	26
2.5	Ammoniakminnaars: agrarisch gebied, bos en bebouwde kom	26
2.6	Ammoniakminnaars: witte gebieden en Natura 2000	28
2.7	De hoeveelheid ammoniakgevoelige soorten	31
2.8	Soortenrijkdom regionaal	34
2.9	Rode Lijst	37
2.10	Warmteminnaars (warmer klimaat)	42
2.11	Vochtminnaars (natter klimaat)	46
2.12	Interprovinciaal	48
3	DISCUSSIE	50
3.1	De indicatiewaarde van korstmossen	50
3.2	Milieu-impasse	52
4	SAMENVATTING en CONCLUSIES	55
5	LITERATUUR	58
	bijlage 1: veranderingen per soort sinds 2005 en 2015	60
	bijlage 2: trendmatige veranderingen per soort, 1989 - 2020	65
	bijlage 3: naamswijzigingen sinds 2015	69
	bijlage 4: regressies NIW tegen wegtype	70
	bijlage 5: toelichting op graadmeters	72

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 daardoor niet verwant aan echte 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, en de korstvorm. Eikenmos (zie omslag) is struikvormig, Bosschildmos en Klein dooiermos zijn bladvormig, en Witte schotelkorst is korstvormig. In Nederland zijn ruim 750 soorten gevonden (Aptroot *et al.*, 2004).

Figuur 1.1 Doorsnede door een bladvormig korstmos (50x). Van boven naar beneden zijn zichtbaar de bovenschors, een algenlaag, het merg, de onderschors en wortelachtige orgaantjes. Algen (met bladgroenkorrels) zitten alleen in de algenlaag, de overige lagen bestaan alleen uit de schimmel.



1.2 Relaties met het milieu

Korstmossen reageren sterk op veranderingen in het milieu. De uitstoot van zwaveldioxide (SO_2), 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 (NH_3) 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 NH_3 beschikbaar waren.

Recenter is gebleken dat korstmossen ook sterk reageren op klimaatverandering. De Nederlandse publicatie hierover in *The Lichenologist* (van Herk *et al.*, 2002) was wereldwijd de eerste waarmee het effect van klimaatverandering op de natuur statistisch significant kon worden aangetoond. Korstmossen waren recentelijk ook onderdeel van een vergelijkende studie naar de effecten van klimaatverandering op diverse soortgroepen (Bowler *et al.*, 2017). Uit de publicatie hierover in *Nature Ecology & Evolution* blijkt dat effecten het duidelijkst zichtbaar zijn bij korstmossen. Ruim 20 plant- en diergroepen werden onderzocht. Bij beide publicaties vormde de provinciale korstmossenmonitoring een hoofdrol.

1.3 Het provinciale korstmossenmeetnet

In Noord- en Oost-Nederland zijn begin jaren '90 meerdere provinciale korstmossenmeetnetten opgestart. Dit had steeds tot doel om de ammoniakproblematiek in kaart te brengen. Ze zijn allemaal gebaseerd op meetpunten die bestaan uit groepjes eiken. Meestal zijn dit rijtjes van 10 zomereiken langs wegen.

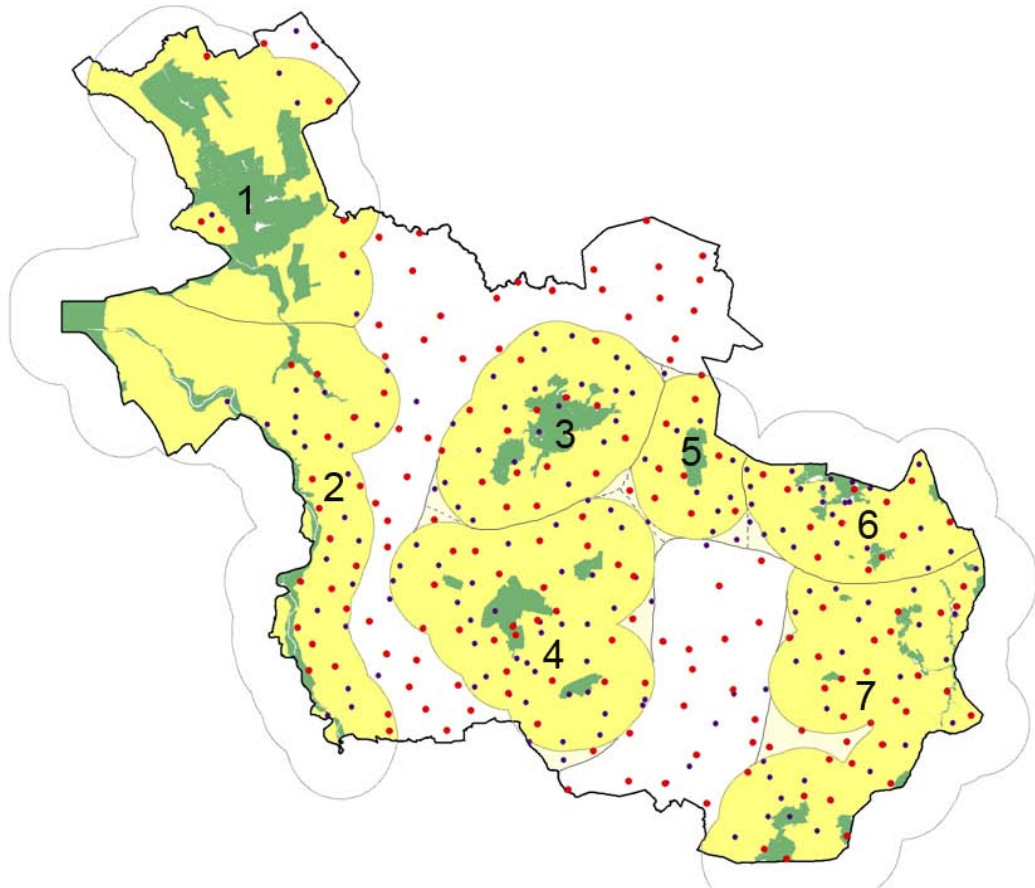
In Overijssel werd in 1986 gestart met onderzoek (van Dijk, 1988). Dat onderzoek vormde de basis voor het onderhavige meetnet. Nadat in 1986 vooral West- en Zuid-Overijssel werden gekarteerd, is in aanvulling daarop in 1989 Noord- en Oost-Overijssel onderzocht (van Herk, 1990). Hoofddoel was het vaststellen van de mate waarin Overijssel met ammoniak verontreinigd was, en de ruimtelijke verdeling daarvan.

Het Overijsselse meetnet is na de start herhaald in 1994 (van Herk, 1995), 1999 (van Herk, 2002), 2005 (van Herk, 2006) en 2015 (van Herk, 2015). Steeds zijn alleen de zandgronden opgenomen. De polders en moerasgebieden van Noordwest-Overijssel zijn alle rondes overgeslagen omdat daar onvoldoende eiken groeien (figuur 1.2).

In 1999 bereikte het meetnet met gemiddeld zes meetpunten per uurhok (blok van $5 \times 5 \text{ km}^2$) de maximale omvang van 719 meetpunten. Dit is een puntendichtheid die het toelaat om tamelijk gedetailleerde ammoniakbelastingskaarten samen te stellen.

De onderhavige ronde in 2020 is een heropname van de meeste punten van 2005. Van de 406 punten uit 2005 zijn in 2015 330 punten opnieuw onderzocht. Dit is weliswaar minder dan in 2005, maar duidelijk meer dan tijdens de 'tussenronde' van 2015, toen maar 180 meetpunten herhaald zijn. Dit grotere aantal meetpunten is nodig om betrouwbare trends over afzonderlijke regio's met Natura 2000-gebieden te kunnen berekenen (zie par. 1.4).

De basale onderzoeksmethodiek is vanaf het begin ongewijzigd gebleven. Ieder meetpunt omvat een aantal geselecteerde bomen. Er is steeds per boom een lijst met alle aanwezige korstmossoorten (< 2 m. hoogte) aangelegd. Per boomgroep (meetpunt) is per soort een kwantiteit (hoeveelheid op een schaal van 1 tot 6) toegekend. Deze methode maakt het mogelijk om heel gedetailleerd veranderingen te berekenen.



Figuur 1.2 De ligging van de herhaalde meetpunten in 2020 (330 stuks). Rode stippen betreffen punten die in 2005 en 2015 eerder zijn opgenomen (177 stuks). Blauwe stippen zijn in 2015 overgeslagen, maar wel in 2005 onderzocht (153 stuks). In geel weergegeven zijn de gebieden binnen een straal van 5 km van Natura 2000-gebieden (groen), deze zijn onderverdeeld in zeven regio's (namen van de regio's: zie tabel 1.1). In een lichtgele tint zijn de gebieden weergegeven die wegens 'onlogische grens' bij de Natura 2000-regio's getrokken zijn.

1.4 De herhalingsronde in 2020

De onderhavige onderzoekronde van 2020 beoogt meer informatie te vergaren over de ontwikkelingen in en rond de Natura 2000-gebieden (n2000). Vooral daar is meer monitoringsinspanning wenselijk. Het gaat daarbij niet alleen om de meest recente ontwikkelingen, maar ook om een analyse van alle veranderingen sinds 1989. Tot dusver is een duidelijke daling van de hoeveelheid ammoniakminnaars in de n2000-gebieden uitgebleven, en dit is een zorglijke ontwikkeling. Ook uit metingen van het

RIVM (Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden) blijkt dat ammoniakconcentratie hier nog niet daalt (zie par. 3.2).

Om deze reden is ervoor gekozen om in en rond de n2000-gebieden alle meetpunten uit 2005 te herhalen, ook de punten die in 2015 overgeslagen zijn. Het gaat hierbij niet alleen om de punten binnen de n2000-gebieden, maar ook om de punten binnen een buffer van 5 km rondom de contouren van deze gebieden (figuur 1.2). Binnen deze buffer liggen in totaal 257 meetpunten, hiervan bleken er echter 6 gekapt of anderszins niet herhaalbaar. Vanwege 'onlogische grenzen' (lichtgeel in figuur 1.2) zijn 8 punten aan deze selectie toegevoegd die in 2015 overgeslagen zijn (waarvan één gekapt), en 8 punten die zowel in 2005 als 2015 onderzocht zijn. Buiten de buffer zijn alleen de 56 locaties herhaald die zowel in 2005 als 2015 opgenomen zijn plus 8 herhalingen van 2005 om het verlies aan gekapte bomen te compenseren. In totaal gaat het dan dus om 330 locaties.

De meetpunten zijn conform figuur 1.2 opgedeeld in zeven n2000-regio's, te weten de kop van Overijssel, de IJsselstreek, de regio Vecht-Regge, de Sallandse Heuvelrug, de Engbertsdijkerven, de regio Springendal-Mosbeek en Zuidoost-Twente. Tezamen worden deze behandeld onder de noemer "n2000-regio's". Het deel hiervan dat in de Natura 2000-gebieden ligt (groen in figuur 1.2) valt onder de noemer "binnen de n2000-gebieden". Verder is er gewerkt met een geografische opdeling van Overijssel in Salland, Twente en Steenwijkerland, en een functionele opdeling van de meetpunten in agrarisch, bos & natuur, en de bebouwde kom van stad & dorp. Bij de categorie "bos & natuur" gaat het om meetpunten die in 2005 in bossen, heiden of veengebieden gelegen waren; veel 'nieuwe natuur' valt daar niet onder. De samenstelling van deze categorie is mede daardoor anders dan die "binnen de Natura 2000-gebieden", waar bovendien geen bos & natuur in zit uit de 'witte gebieden' zoals de bossen rond Delden (Twickel e.o.). In tabel 1.1 staat hoeveel meetpunten er ronde-op-ronde met de diverse deelgebieden en functionele opdelingen gemoeid zijn.

De selecties van de kop van Overijssel (als n2000-regio) en Steenwijkerland (geografisch) zijn te klein om er betrouwbare uitspraken mee te doen. Met name over de beginjaren zijn hiervan nauwelijks meetparen (ronde op ronde herhalingen) beschikbaar. Deze gebieden blijven daarom buiten beschouwing bij de bespreking van de resultaten, maar tellen wel mee als er in geaggregeerde vorm meer gebieden samen genomen worden (bijv. alle n2000-regio's samen).

1.5 Welke graadmeters zijn onderzocht?

Ieder korstmos verschaft informatie over de gesteldheid van de 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

	0-wit	1-kop	2-IJssel	3-Vecht	4-Sall	5-Engb	6-Sprgd	7-ZO-Tw	1 t/m 7
0&1-2	110	1	30	32	26	22	30	8	149
2-3	224	6	71	82	107	31	47	108	452
3-4	132	12	39	41	66	20	36	60	274
4-5	56	7	19	15	27	10	12	34	124
4-6	64	12	39	40	63	20	35	57	266
5-6	55	7	19	15	27	10	12	32	122
alleen 3	234	21	74	83	110	31	57	109	485

	Salland	Twente	Steenw.	totaal		agrari	bos	stad&d	totaal
0&1-2	156	103	0	259		197	23	39	259
2-3	308	368	0	676		497	108	71	676
3-4	165	231	10	406		296	68	42	406
4-5	78	96	6	180		139	21	20	180
4-6	132	189	9	330		244	48	38	330
5-6	78	93	6	177		136	21	20	177
alleen 3	318	383	18	719		528	113	78	719

Tabel 1.1 Aantal paren opnamen over twee opeenvolgende meetjaren, gegeven als totaal, en uitgesplitst over diverse selecties. Ronde('s): 0&1-2= 1986/89 - 1994; 2-3= 1994 - 1999; 3-4= 1999 - 2005; 4-5= 2005 - 2015; 4-6= 2005 - 2020; 5-6= 2015 - 2020; alleen 3= alleen 1999. Selecties: 0 = buiten de n2000-regio's ('witte gebieden'); 1 t/m 7= binnen de n2000-regio's; 1= kop van Overijssel; 2= IJsselstreek; 3= Vecht-Regge; 4= Sallandse Heuvelrug; 5= Engbertsdijkerven; 6= Springendal-Mosbeek; 7= Zuidoost-Twente. Verder: Steenw.= Steenwijkerland; agrari= agrarisch gebied; bos= bos en natuur; stad&d= bebouwde kom van stad en dorp.

graadmeters (parameters) te ontwerpen die de respons van een groep soorten op een omgevingsfactor registreren. De volgende parameters zijn uitgerekend:

1. Het totaal aantal soorten korstmossen per meetpunt,
2. De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt,
3. Als 2, maar gecorrigeerd voor de effecten van wegverkeer,
4. De hoeveelheid ammoniakgevoelige soorten per meetpunt,
5. Een indicatie voor opwarming (warmer klimaat) of vernatting (regenrijker klimaat),
6. Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt.

In Bijlage 5 wordt toegelicht hoe de zeven graadmeters berekend zijn. De berekening is uitgevoerd voor alle zes onderzoeksrondes: 1986/89, 1994, 1999, 2005, 2015 en 2020. Voor de overzichtelijkheid worden de metingen uit 1986 en 1989 (zijn complementair) hierna meestal kortweg op 1989 gedateerd.

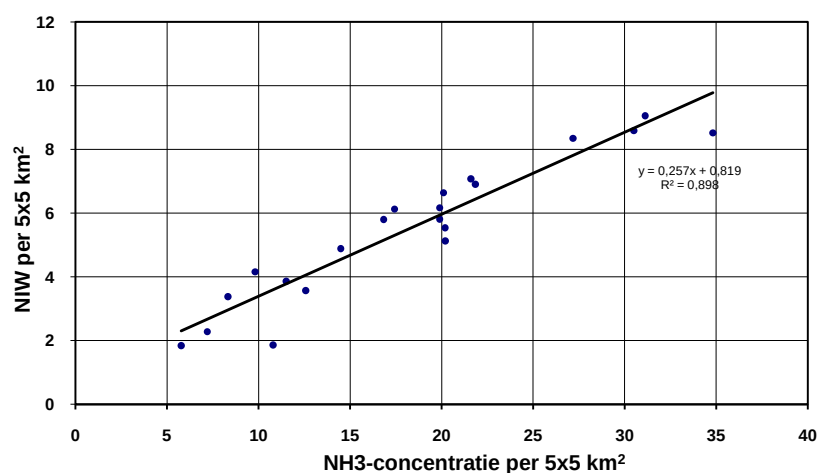
1.5.1 Het totaal aantal soorten korstmossen per meetpunt

Het totaal aantal soorten korstmossen per meetpunt was vroeger een goede graadmeter voor de zwaveldioxidebelasting (meer SO₂ = minder korstmossoorten) (Barkman, 1958; De Wit, 1976, Van Dobben, 1993). Dit was vooral het geval in de jaren '70, toen de concentraties van dit voor korstmossen giftige gas zeer hoog waren. Met de huidige, aanzienlijk lagere concentraties moet de korstmosdiversiteit veel meer gezien worden als een algemene graadmeter voor de milieukwaliteit. Verder is de diversiteit een indicator voor de natuurwaarde.

1.5.2 De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt

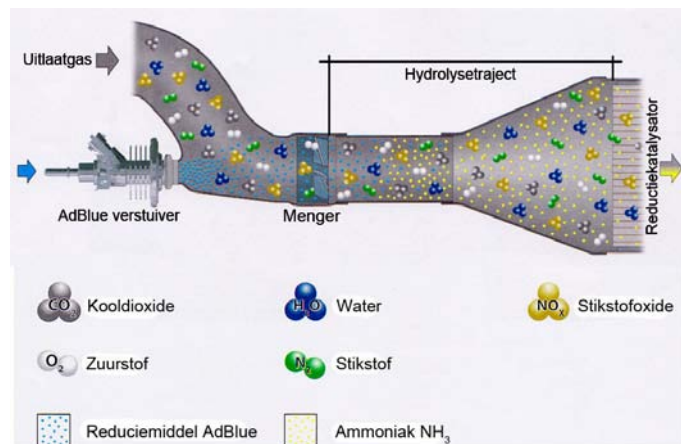
Er zijn korstmossen die verdwijnen onder invloed van ammoniak, maar er zijn ook ammoniakminnende soorten, die juist harder gaan groeien onder invloed van ammoniak. De respons op ammoniak komt dus op twee manieren tot uitdrukking in de soortensamenstelling. In 1989 is de zogenoemde **NIW**-methode geïntroduceerd. 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 ongeveer tien (zie bijlage 5).

In 1997 is het verband tussen de NIW en ammoniakmetingen die terplekke met permanente monsternemers door TNO uitgevoerd zijn, onderzocht (zie van Herk, 1998). Daaruit blijkt een sterk verband (figuur 1.3). Figuur 1.5 laat zien dat de NIW in Nederland tot 1999 toenam; daarna is een afname ingetreden.



Figuur 1.3 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).

Figuur 1.4 De werking van een AdBlue verstuiver in een diesellootvoertuig. Alle AdBlue die niet gebonden wordt aan stikstofoxiden (NO_x) verlaat de uitlaat in de vorm van ammoniak (NH_3).

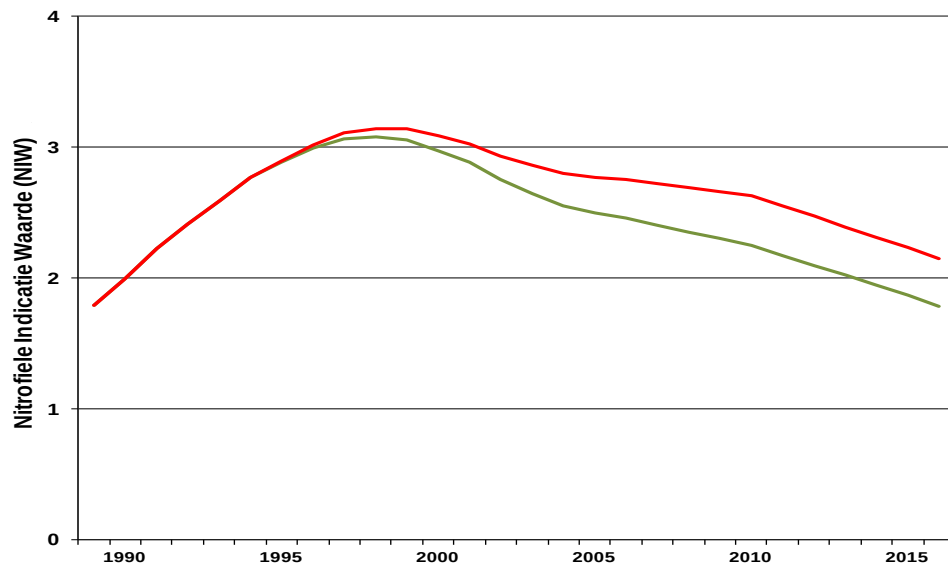


1.5.3 De hoeveelheid ammoniakminnaars gecorrigeerd voor de effecten van wegverkeer

Sinds de introductie van de katalysator, ongeveer 25 jaar geleden, stoten benzine-auto's ammoniak uit. Dit wordt veroorzaakt door een chemisch proces dat in de katalysator plaatsvindt. Hierbij worden stikstofoxiden (NO_x) in onschadelijk stikstofgas (N_2) omgezet. Deze omzetting (reductie) gaat echter deels te ver door met als onbedoeld bijproduct ammoniak (NH_3). Recent is duidelijk geworden dat ook voertuigen met een dieselmotor ammoniak uitstoten. Dit hangt samen met de toepassing van AdBlue (figuur 1.4, zie <http://www.mvwautotechniek.nl/adblue/>). AdBlue is een ureumoplossing die met behulp van een verstuiver in de uitlaat gespoten wordt. De bedoeling is dat daarmee de uitstoot van stikstofoxiden wordt verminderd. Indien de AdBlue overgedoseerd wordt, verlaat de AdBlue (na verhitting) de uitlaat in de vorm van ammoniak. Op zich is het streven om de uitstoot van stikstofoxiden met een katalysator of AdBlue te verminderen nuttig, maar als daarmee de uitstoot van het voor de natuur veel schadelijkere ammoniak er voor in de plaats komt, dan is het netto rendement natuurlijk slechts beperkt. Autofabrikanten worden afgerekend op de uitstoot van stikstofoxiden.

Volgens de meest recente cijfers (<https://www.clo.nl/indicatoren/nl0183-verzuring-en-grootschalige-luchtverontreiniging-emissies>) bedraagt de ammoniakemissie uit verkeer 4,4 miljoen kg NH_3 /jr (2017) voor geheel Nederland. Ter vergelijking: de emissie uit landbouw bedraagt over het zelfde jaar 114 miljoen kg NH_3 /jr, dus ongeveer 25 maal zo veel. In 1995 was de emissie uit verkeer nog een factor twee lager (2,2 miljoen kg NH_3 /jr), in 1990 een factor vijf lager (0,9 miljoen kg NH_3 /jr). Het is niet helemaal duidelijk hoe verkeersgerelateerde uitstoot van NH_3 door het RIVM gevalideerd wordt omdat metingen nauwelijks voorhanden zijn.

In figuur 1.5 is de lokale bijdrage van verkeer aan de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW), zoals berekend aan de hand van zes provinciale korstmossenmeetnetten gekwantificeerd. Te zien is dat de effecten rond 1996 ontstaan zijn, en dat deze vervolgens geleidelijk zijn toegenomen. Tot 1996 was er geen noemenswaardig effect van wegverkeer merkbaar.



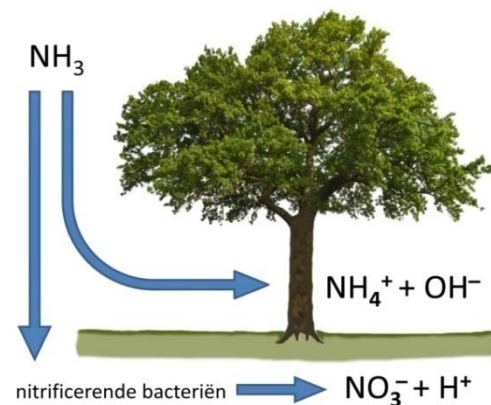
Figuur 1.5 Het verloop van de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) tussen 1989 en 2016 (rood) op basis van een synthese van data van zes provincies (Friesland, Drenthe, Overijssel, Gelderland, Utrecht en Zeeland). De groene lijn geeft een toegepaste correctie weer voor de effecten van verkeer (NH_3 uit katalysatoren en AdBlue) (ontleend aan van Herk, 2019a, zie ook <https://www.clo.nl/indicatoren/nl1097-korstmossen-en-ammoniak>).

De wijze waarop het lokale effect van wegverkeer op de NIW berekend wordt, wordt besproken in bijlage 4 en 5. Deze werkwijze leidt in Overijssel tot een correctie van de NIW van 2005 van -0,166 voor rustige wegen tot -0,664 voor provinciale wegen (zie bijlage 4). Voor 2015 bedraagt de correctie -0,309 voor rustige wegen tot 1,236 voor provinciale wegen. Voor de meetjaren 1989, 1994 en 1999 blijkt geen 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 of twee meter vanaf het asfalt.

1.5.4 De hoeveelheid ammoniakgevoelige soorten per meetpunt

De hoeveelheid ammoniakgevoelige soorten is vooral een effectindicator. Het geeft het verdwijnen van zuurminnende soorten aan die gevoelig zijn voor het minder zuur worden van de boomschors. 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 door ammoniak treedt pas op als dit in de vorm van ammonium (NH_4^+) in de bodem wordt opgenomen, en door bacteriën in nitraat (NO_3^-) wordt omgezet (figuur 1.6).

Figuur 1.6 De omzetting van ammoniak (NH_3), bovengronds en ondergronds. Bij adsorptie 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 waterstofionen (H^+) vrij.



Zolang de ammoniak zich nog in de lucht bevindt is er dus geen sprake van zuur. Dit geldt ook voor de effecten op boomschors: de bacteriën die verantwoordelijk zijn voor de omzetting naar nitraat ontbreken vrijwel geheel in boomschors. Boomschors die met ammoniak in aanraking komt, raakt daarom ontzuurd (de pH gaat omhoog). Uit onderzoek blijkt dat bij een hoge ammoniakbelasting de stijging van de pH van de schors van eiken wel twee eenheden kan bedragen (pH 4,2 naar 6,2). Schors van o.a. eiken is van nature zuur omdat de boom looizuur aanmaakt.

Ammoniakgevoelige korstmossen komen vanouds veel voor in de kern van grote boscomplexen, op relatief grote afstand van veehouderijgebieden. In de landbouwgebieden van Overijssel zijn deze soorten nu voor een groot deel -maar nog steeds niet helemaal- verdwenen.

De hoeveelheid ammoniakgevoelige korstmossen 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). Dit resulteert per meetpunt wederom in een getal tussen de nul en ongeveer tien (bijlage 5).

1.5.5 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 wereldwijd de eerste waarbij dit met een grote dataset statistisch significant werd aangetoond.

De meest voor de hand liggende methode om het effect van klimaatsverandering te monitoren is met behulp van de "Ellenberggetallen", genoemd naar de auteur van de eerste publicatie die op dit principe geënt is (Ellenberg, 1974). Ellenberggetallen zijn ecologische indicatiewaarden die per soort toegekend zijn voor onder meer licht, temperatuur, vocht, nutriënten en continentaliteit. Elk 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 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 de getallen van Sparrius *et al.* (2015). De verandering van het gemiddelde temperatuurgetal wordt gepresenteerd voor geheel Overijssel, voor enkele deelgebieden, en voor diverse typen grondgebruik. 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.

Verder is nagegaan of het warmer geworden klimaat ook afgelezen kan worden aan veranderingen in de samenstelling van noordelijke en zuidelijke soorten. De soorten zijn daartoe ingedeeld in vier areaaltypen. De verschuiving daarin is geanalyseerd.

1.5.6 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. 1.5.5). Hiervoor is het **vochtgetal** gebruikt (Sparrius *et al.*, 2015).

1.5.7 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 (Aptroot *et al.*, 2012). Deze Rode Lijst omvat 311 soorten (dit is 46% van inheemse lichenoflora), hiervan hebben 96 soorten de status 'gevoelig', 65 soorten zijn 'kwetsbaar', 49 zijn 'bedreigd', 42 'ernstig bedreigd', en 59 zijn 'verdwenen uit Nederland'. De Rode Lijst korstmossen is geheel op berekende trends van soorten gebaseerd. Een belangrijke bron hiervoor was de databank van de Bryologische en Lichenologische Werkgroep (BLWG: de mossen- en korstmossenwerkgroep van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, KNNV). Maar ook de provinciale meetnetten zijn hiervoor gebruikt. Het onderhavige meetnet van Overijssel heeft bijgedragen tot aan de vierde ronde (2005, zie bijlage 2). Naast het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt wordt ook het cumulatief aantal Rode Lijst-soorten per meetronde gegeven.

1.6 Hoe zijn de veranderingen berekend?

Omdat de steekproefgrootte en -samenstelling per onderzoekronde verschillend is, zijn de gemiddelden over de diverse onderzoeksjaren, zonder een correctie daarvoor, niet rechtstreeks te vergelijken. Er is voor gekozen om de waarden van 1999, het jaar met het maximale aantal meetpunten, overeen te laten komen met de werkelijke gemeten gemiddelde waarden. De waarden van de andere jaren (1989,

1994, 2005, 2015 en 2020) zijn daar stapsgewijs uit afgeleid op basis van de opgetreden veranderingen in de gemonitorde punten. Hierbij is steeds gebruik gemaakt van het maximum aantal beschikbare meetparen over twee opeenvolgende meetjaren (resp. 259 over 1989/94, 676 over 1994/99, 406 over 1999/2005, 180 over 2005/15 en 177 over 2015/20, zie tabel 1.1). Voor de veranderingen tussen 2005 en 2020 (330 meetparen) geldt als complicerende factor dat in 2015 veel minder meetpunten herhaald zijn. Daarom is 2020 rechtstreeks uit 2005 afgeleid. Omdat de steekproef-samenstelling van de in 2015 herhaalde en niet-herhaalde punten niet hetzelfde is, moesten de gemiddelden van 2015 met terugwerkende kracht iets worden bijgesteld om het verloop congruent te maken.

Verder is de berekening van de gemiddelden van 2020 gestratificeerd uitgevoerd. Dit werd noodzakelijk geacht omdat de n2000-regio's in 2020 veel intensiever bemonsterd zijn dan de 'witte gebieden'. Door de gemiddelden van deze twee apart te berekenen, en daarna naar rato weer samen te voegen, werd dit probleem opgelost. De verschillen met niet-gestratificeerd uitgevoerde berekeningen blijken evenwel minimaal.

De bovenstaande rekenwijze geldt zowel voor de hele dataset, als voor deelgebieden zoals die in Salland en Twente apart, 'witte gebieden' en de diverse n2000-regio's apart, n2000-gebieden, en agrarisch - bos & natuur - stad & dorp apart. Met deze werkwijze geven de resultaten een zo betrouwbaar mogelijk beeld van de opgetreden veranderingen. Ook de veranderingen per soort (bijlage 1 en 2) zijn op een vergelijkbare wijze uitgerekend, maar zonder stratificatie.

Er is van afgezien om de significantie van de veranderingen uit te rekenen. In principe is de Wilcoxon test voor 'matched pairs' hiervoor geschikt. De significantie is echter afhankelijk van de steekproefgrootte (aantal meetparen), en dit varieert sterk per selectie en per ronde. Hierdoor blijkt een grote verandering bij een kleine steekproef vaak niet significant zijn, terwijl een kleine verandering wel significant is bij een grote steekproef. Dit is verwarrend.

De naamgeving van de korstmossen volgt de Veldgids Korstmossen (van Herk *et al.*, 2017). Sinds de vorige ronde in 2015 heeft een flink aantal soorten (vooral door DNA-onderzoek) een naamswijziging ondergaan. In bijlage 3 staat een overzicht van alle naamswijzigingen. Zie ook Aptroot *et al.*, 2004.

Voor de verdere details van de werkwijze wordt verwezen naar het rapport over 1999 (van Herk, 2002). Veel provinciale korstmosrapporten, waaronder ook de meeste rapporten van Overijssel, alsmede wetenschappelijk publicaties zijn te downloaden van www.researchgate.net/profile/Kok_Van_Herk2/publications. In de literatuurlijst staat van alle provincies met één of meer onderzoeks rondes het meest recente rapport (Groningen: van Herk, 1997; Friesland: van der Kolk *et al.*, 2020; Drenthe: van Herk, 2017; Overijssel: van Herk, 2015; Flevoland: Bremer, 1990; Gelderland: van Herk, 2004; Utrecht: van Herk, 2019a; Zuid-Holland: Van der Knaap & Van Dobben, 1987; Noord-Brabant: van Herk, 1996; Zeeland: van Herk, 2019c).

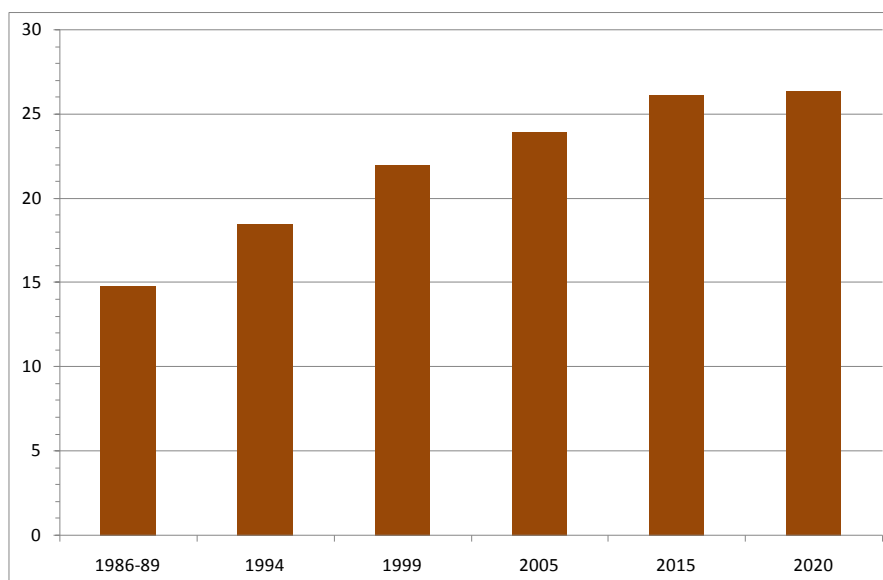
2 RESULTATEN

2.1 Het aantal soorten korstmossen per meetpunt

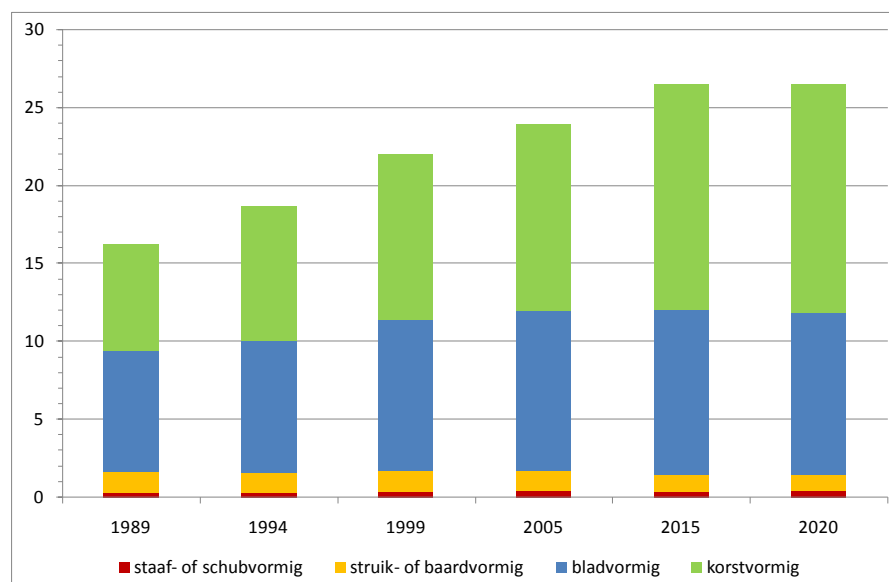
De soortenrijkdom per meetpunt is voor het eerst sinds het begin van het meetnet nauwelijks meer toegenomen (figuur 2.1). Tot 2015 was er iedere ronde een stijging van het aantal soorten: van 14,8 in 1986/89 naar 26,1 in 2015. Tussen 2015 en 2020 was de stijging nog maar heel beperkt: +0,3 soorten. Hiermee lijkt er een einde te komen aan de al jaren toenemende soortenrijkdom. Ook het totaal aantal soorten korstmossen per ronde nam niet meer toe (van 154 in 2015 naar 153 in 2020, zie bijlage 2).

In de beginjaren was de stijging toe te schrijven aan de effecten van de verminderde zwaveldioxide belasting, gecombineerd met een grote toename van ammoniakminnaars, groter dan de afname van de ammoniakgevoelige soorten. Over latere jaren verschuift dit naar andere factoren, vooral klimaatopwarming speelt daarbij een rol. Dit komt doordat het aantal toegenomen warmteminnende soorten groter is dan het aantal afgenomen koelteminnende soorten. Alle ronde-op-ronde veranderingen per soort zijn in bijlage 1 en 2 samengevat.

De vorige ronde werd al benadrukt dat het aspect van de korstmosvegetatie ondanks de grotere diversiteit geen onverdeeld gunstige ontwikkeling heeft doorgemaakt. Weelderig ogende begroeiingen met Eikenmos (*Evernia prunastri*) zijn bijvoorbeeld sterk afgenomen, en minuscule korsten die zelfs met een loupe maar net zichtbaar zijn, zijn sterk toegenomen. Tot de laatste categorie behoren bijv. de Boomrookkorst



Figuur 2.1 Het gemiddeld aantal soorten korstmossen per meetpunt



Figuur 2.2 Het aantal soorten korstmossen per meetpunt, uitgesplitst over vier groeivormen (staaf-/schubvormig, struik-/baardvormig, bladvormig en korstvormig).

(*Catillaria nigroclavata*) en Verzonken schriftmos (*Opegrapha rufescens*); beide hebben een meer dan spectaculaire toename laten zien (zie bijlage 1 en 2).

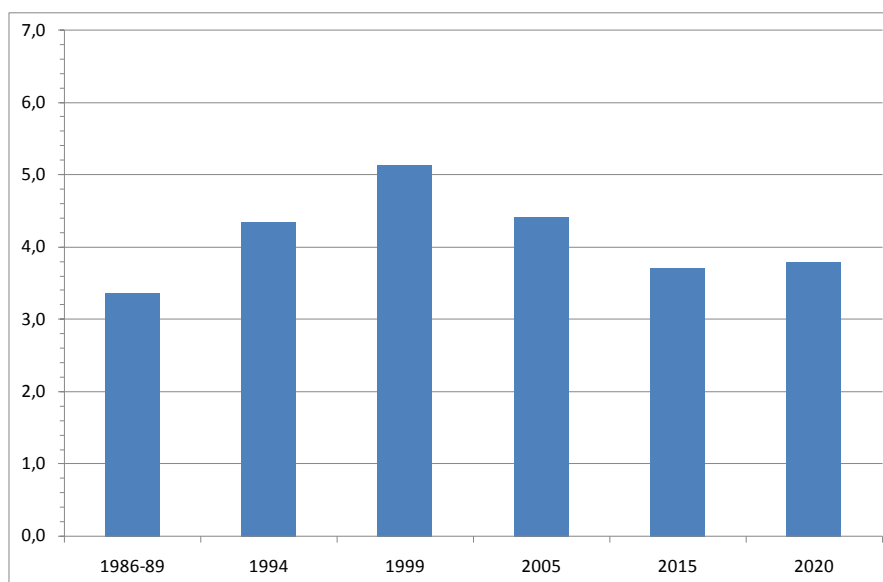
De gewijzigde korstmossenstelling laat zich wellicht het best illustreren met de veranderde samenstelling van de groeivorm (figuur 2.2). Te zien is dat korstvormige soorten een steeds groter aandeel in zijn gaan nemen. Lange tijd namen ook bladvormige soorten toe, maar daar is rond 2005 al een einde aan gekomen. Struikvormige soorten vormden altijd een minderheid, deze zijn sinds 1989 met 24 procentpunt afgenomen. Het gaat in figuur 2.2 dus om soortenaantallen; in kwantiteit zijn de veranderingen nog aanzienlijk groter.

De veranderingen van de soortenrijkdom worden in par. 2.8 verder behandeld aan de hand van de verschillende deelgebieden.

2.2 De hoeveelheid ammoniakminnaars

De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) per meetpunt is na een flinke afname tussen 2005 en 2015 nu weer iets toegenomen (figuur 2.3). De toename tussen 2015 en 2020 is weliswaar slechts beperkt (+ 0,07) maar vermoedelijk wel reëel. Dit is zonder een correctie voor wegverkeer.

Het uitblijven van een verdere afname van de NIW is niet geheel onverwacht aangezien de NHx-depositiecijfers van het RIVM (www.clo.nl/nl018918) sinds 2010 weer iets toegenomen zijn. Rekening houdend met een responstijd van korstmossen van 6

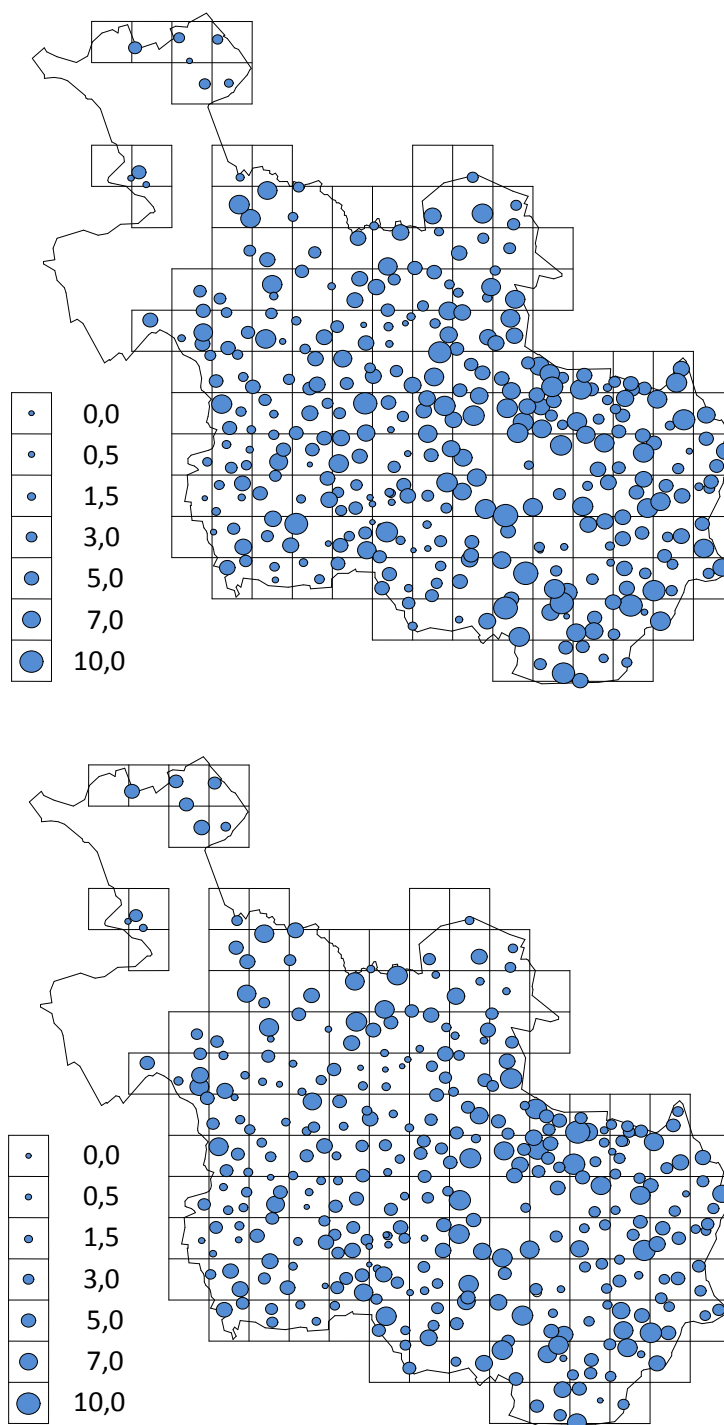


Figuur 2.3 Hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in het gehele onderzoeksgebied, ongecorrigeerd

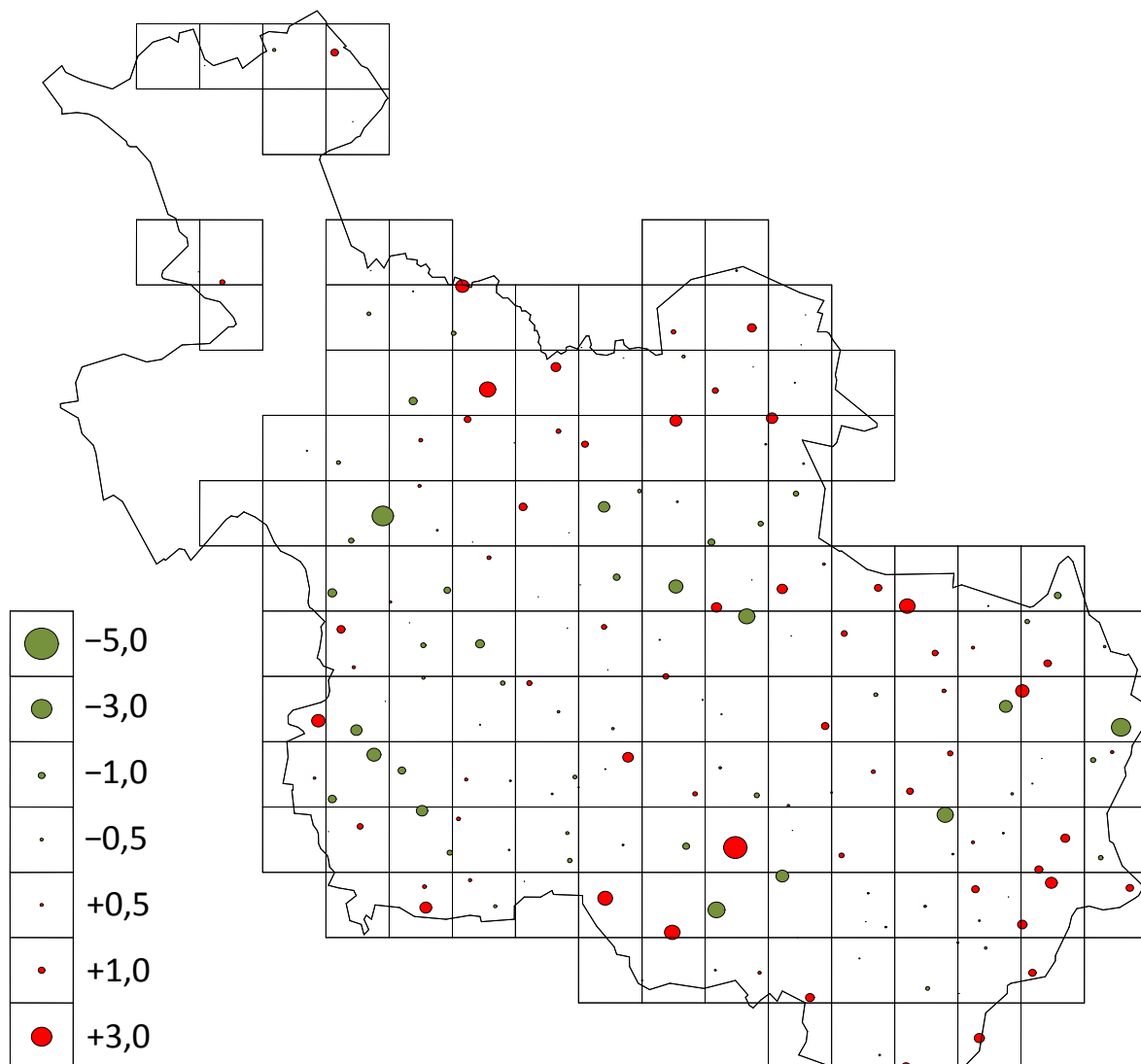
á 7 jaar lijkt de recente NIW-trend goed aan te sluiten bij de berekeningen van het RIVM. De afname van de NIW van 27,5% tussen 1999 en 2015 en 16% tussen 2005 en 2015 is evenwel nog grotendeels intact (figuur 2.3). Van de afname sinds 1999 is nu nog 26% over.

Figuur 2.4 toont de hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt in 2005 en 2020. Alhoewel er op korte afstand vrij grote verschillen kunnen zijn, is er overal wel ammoniakinvloed vast te stellen. Punten zonder ammoniakminnaars ontbreken vrijwel helemaal, ook in uitgestrekte natuurgebieden of bossen komen deze soorten nu overal wel voor. Dit is niet altijd zo geweest: sinds het begin van het meetnet zijn diverse ammoniakminnaars bijv. de Poedergeelkorst (*Candelariella reflexa*) geleidelijk in de bossen doorgedrongen op plekken waar deze voorheen ontbraken. Aan de andere kant zijn in het agrarische gebied plekken waar veel ammoniakminnaars aanwezig waren ($NIW > 7$) duidelijk in aantal verminderd. Door deze twee trends zijn de ruimtelijke verschillen in de kaartbeelden van 2005 en 2020 duidelijk afgevlakt t.o.v. de situatie in de negentiger jaren (zie bijv. van Herk, 1995).

Een vluchtige vergelijking van de situatie in 2005 (figuur 2.4 boven) en 2020 (figuur 2.4 onder) leert dat de stipgrootte over het geheel genomen duidelijk kleiner geworden is, m.a.w. de hoeveelheid ammoniakminnaars is afgenomen. In figuur 2.5 en 2.6 is deze verandering over twee periodes in beeld gebracht.

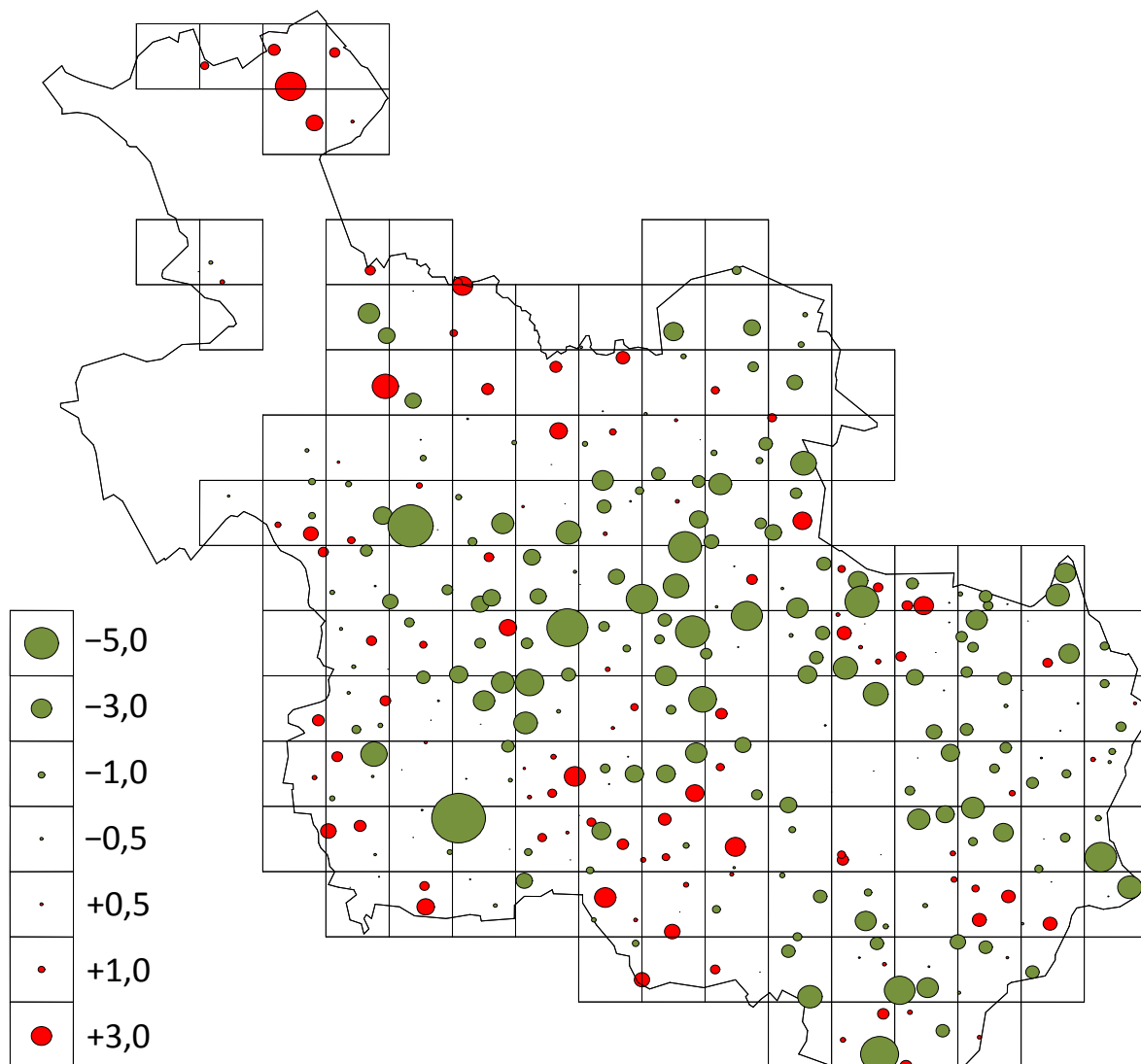


Figuur 2.4 De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) per meetpunt in 2005 (boven) en 2020 (onder). De grootte van het symbolen geeft de sterkte van de ammoniakinvloed. Alleen de 330 punten die in 2020 herhaald zijn, zijn weergegeven.



Figuur 2.5 De verandering van de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) tussen 2015 en 2020. Punten met een afname zijn groen weergegeven; punten met een toename rood. De grootte van de symbolen geeft de sterkte van de verandering.

Het ruimtelijke patroon van de verandering tussen 2015 en 2020 (figuur 2.5) laat geen uitgesproken trends zien. Meetpunten met een geringe verandering overheersen. En in regio's waar meetpunten liggen met een toename liggen ook veelal punten met een afname. Dit geldt echter niet voor het noorden van Salland (Staphorst - Dedemsvaart - Hardenberg), waar gemiddeld genomen toch wel een lichte verslechtering vast te stellen valt. Verder geldt dit voor de omgeving van Markelo, ten oosten van Enschede, en ten westen van n2000 gebied Springendal-Mosbeek.



Figuur 2.6 De verandering van de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) tussen 2005 en 2020. Punten met een afname zijn groen weergegeven; punten met een toename rood. De grootte van de symbolen geeft de sterkte van de verandering.

Als we wat langer terug kijken (figuur 2.6) dan is volgens verwachting wel een duidelijke verbetering te zien. Tussen 2005 en 2020 is deze het grootst in het centrale deel van de provincie, zoals de omgeving van Lemele, Den Ham, Hellendoorn, Holten en Heeten. In Twente is dit tot op zekere hoogte ook het geval bij Tubbergen, Oldenzaal, Losser en Haaksbergen. De duidelijkste verslechtering is te zien in de regio Markelo, Diepenheim en Goor. Voorts is dit het geval in de omgeving van Steenwijk,

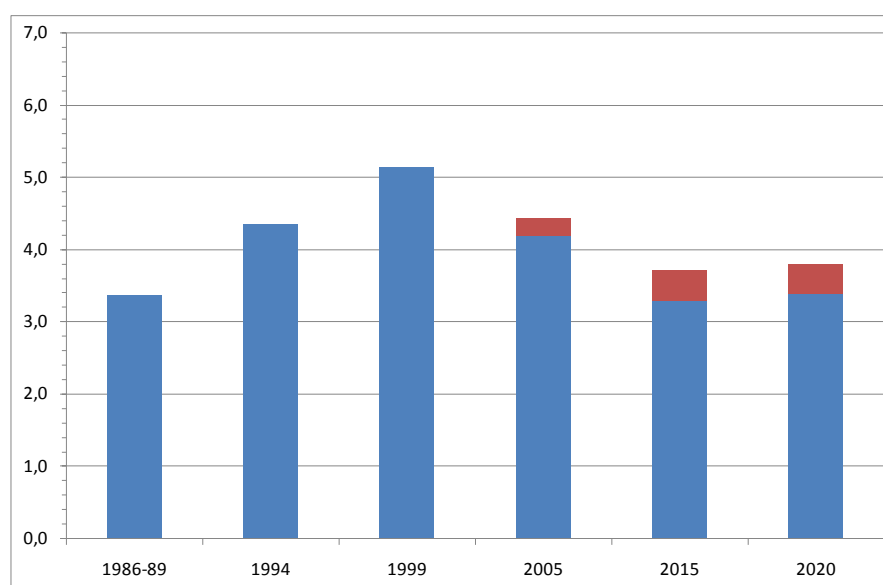
en in iets mindere mate in de regio Nieuwleusen, Balkbrug en Dedemsvaart, en tenslotte bij steden, vooral Deventer, Zwolle en Enschede.

2.3 De hoeveelheid ammoniakminnaars gecorrigeerd voor verkeer

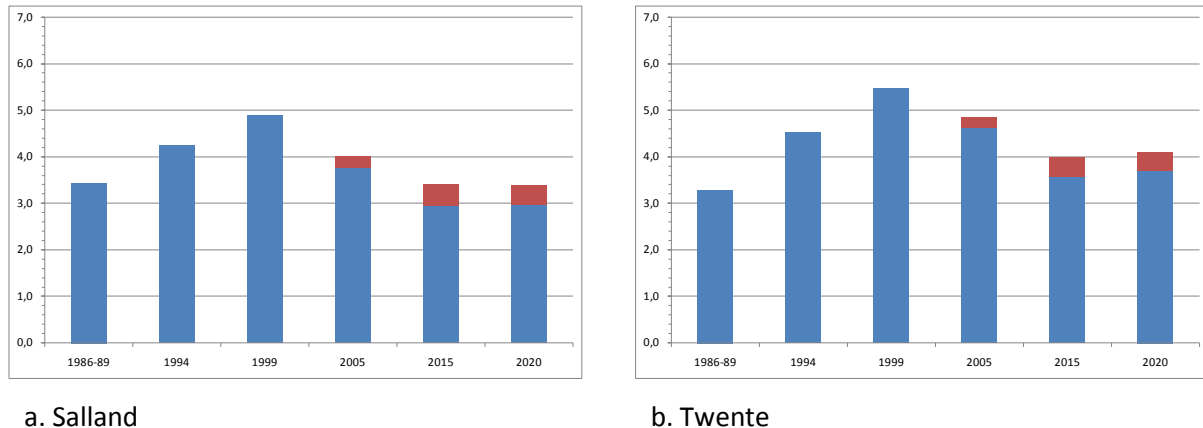
In figuur 2.7 is de trend van de ammoniakminnaars, gecorrigeerd voor de lokale effecten van wegverkeer, te zien. Zo'n correctie valt te rechtvaardigen, immers het plaatselijke effect van verkeer wordt weggenomen, zodat de resulterende getallen beter de situatie van de achtergrondbelasting benaderen.

Uit berekeningen (bijlage 4) blijkt dat het gemiddelde effect van het verkeer op de NIW sinds 2015 iets is afgenomen: de hellingshoek van de regressielijn ($y = 0,287x$) verloopt nu vlakker. Tussen 1999 en 2015 was deze juist flink gestegen ($y = 0,166x$ voor 2005 en $y = 0,309x$ voor 2015).

Resultaat is dat de NIW tussen 2015 en 2020 netto (exclusief verkeersgerelateerde effecten) iets meer gestegen is (van 3,28 naar 3,38) dan in par. 2.2, een stijging van 0,10 punt (was 0,07 inclusief verkeer). De netto verbetering van de NIW sinds 1999 is (exclusief verkeer) uiteraard wel gunstiger: deze nam af van 5,14 naar 3,39, een daling van 34% (deze bedraagt 26% inclusief verkeer, zie par. 2.2).



Figuur 2.7 Hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in het gehele onderzoeksgebied. Rood: de correctie voor wegverkeer; blauw: NIW exclusief de lokale effecten van verkeer.



Figuur 2.8 Hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in Salland en Twente (rood: de correctie voor wegverkeer; blauw: NIW exclusief de locale effecten van verkeer).

Tegelijk laten deze getallen zien dat de NH_3 emissie uit verkeer nog steeds verontrustend is. Langs drukke wegen en in stedelijke omgeving gaat het vermoedelijk om substantiële hoeveelheden.

2.4 Ammoniakminnaars: Salland en Twente

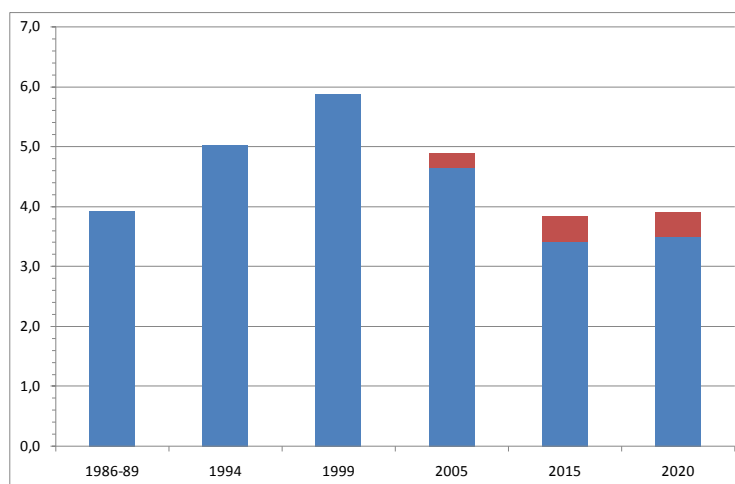
De algehele vorm van de NIW-curve is voor Salland en Twente nagenoeg gelijk: na een piek in 1999 volgt een daling tot 2015, en nu weer een afvlakking of lichte stijging (figuur 2.8). Het niveau van de curve ligt voor Twente vanaf 1994 echter beduidend hoger; dit betekent dat Twente gemiddeld genomen sterker met ammoniak verontreinigd is dan Salland. Rond 1990 was de NIW in Salland en Twente nog ongeveer gelijk (figuur 2.8). Salland is nu terug beneden het niveau van 1989; Twente zit daar nog ruim boven. Zie ook de discussie over dit verschil (par. 3.1).

2.5 Ammoniakminnaars: agrarisch gebied, bos en bebouwde kom

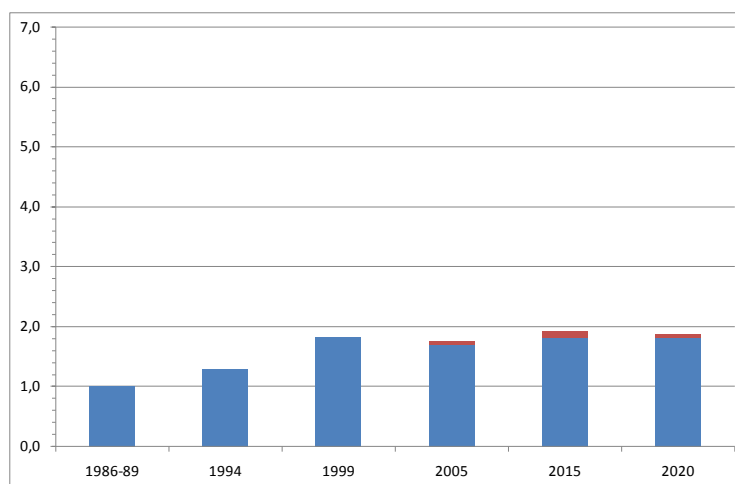
Agrarische gebieden, bossen en bebouwde kom vertonen onderling een geheel verschillend verloop van de NIW in de tijd (figuur 2.9 - 2.11). In de agrarische gebieden is er gemiddeld genomen een piek in 1999, daarna een afname, en recent een stabilisering of lichte toename (figuur 2.9). Het profiel is vergelijkbaar met het provinciale gemiddelde en met de gemiddelden van Salland en Twente.

In bos- en natuurgebieden is er nog geen verbetering (figuur 2.10). Ten opzichte van 1989 is de NIW bijna verdubbeld, en ten opzichte van 1999 is er nog steeds een lichte stijging. Het gaat hierbij om meetpunten die in 2005 in bossen, heiden of veengebieden lagen (zie par. 1.4). In deze categorie zitten vooral bossen.

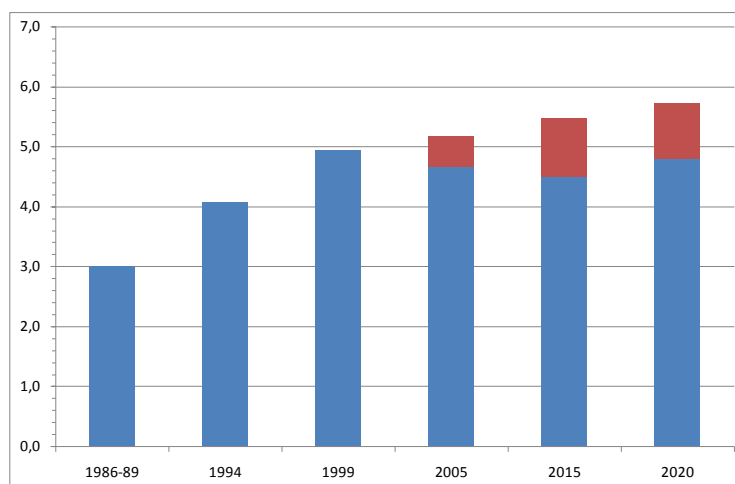
Figuur 2.9 Hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in de agrarische gebieden (rood: de correctie voor wegverkeer; blauw: NIW exclusief de locale effecten van verkeer).



Figuur 2.10 Hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in de bossen (rood: de correctie voor wegverkeer; blauw: NIW exclusief de locale effecten van verkeer).



Figuur 2.11 Hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in de bebouwde gebieden (rood: de correctie voor wegverkeer; blauw: NIW exclusief de locale effecten van verkeer).



In de bebouwde kom van steden en dorpen is de NIW sinds 1989 alleen maar fors toegenomen (figuur 2.11). In 2005 was de NIW daar voor het eerst hoger dan in de agrarische gebieden (vergelijk met figuur 2.9). Tot die tijd was de NIW in de agrarische gebieden het hoogst. Uit figuur 2.6 bleek al eerder dat in steden als Deventer, Zwolle en Enschede de toename van de NIW veel groter is dan in het omringende landelijke gebied. Ook over de meest recente periode is de NIW in bebouwd gebied verder door blijven stijgen. De sterke toename sinds 1999 hangt ongetwijfeld samen met de ammoniakuitstoot van het verkeer.

2.6 Ammoniakminnaars: witte gebieden en Natura 2000

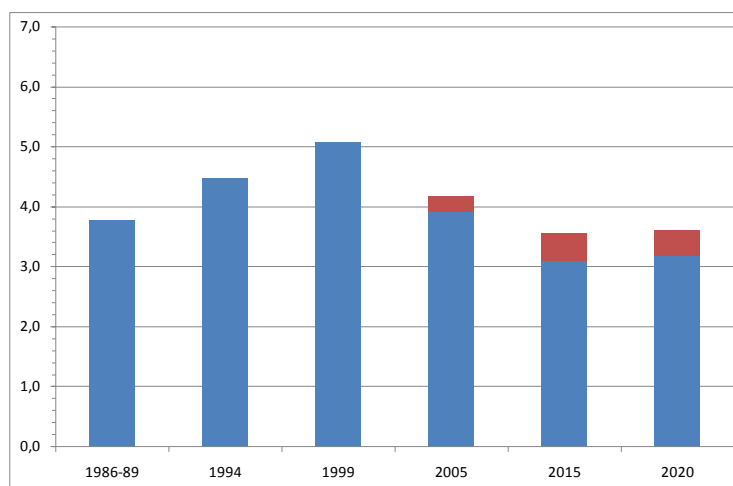
De gemiddelde NIW is in de gezamenlijke Natura 2000-regio's nagenoeg gelijk aan die in de 'witte gebieden' (vergelijk figuur 2.12 en 2.13). Dit geldt zowel voor de hoogte van de NIW, als voor het verloop in de tijd. Als mogelijke verklaring moet opgemerkt moet worden dat ook buiten de n2000-regio's grote gebieden liggen waar meer ammoniakbeperkende gelden of golden, zoals de omgeving van Twickel (Delden). Omgekeerd liggen binnen de n2000-regio's ook gebied waarvoor in het verleden een landbouwintensiveringsbeleid gold (bijv. de regio Almelo/Langeveen). Het ontbreken van een duidelijk verschil tussen 'witte gebieden' en n2000-regio's is daarom wellicht minder opmerkelijk dan het lijkt. Op korte afstand van n2000 (bijv. 1 km in plaats van 5 km, zie figuur 1.2) is er mogelijk wel een verschil, maar dat is met de huidige methode niet na te gaan.

Volgens verwachting is de NIW binnen de grenzen van de n2000-gebieden wel duidelijk lager dan daarbuiten (figuur 2.14). Het verloop van figuur 2.14 wekt de suggestie dat binnen de n2000-gebieden alle veranderingen a.g.v. de invloeden van buiten vertraagd en gedempt doorwerken. Zo ligt de piek van de NIW niet bij 1999, zoals in de agrarische gebieden, maar bij 2005. Verder is te zien dat de afname van de NIW na 2005 -zo typerend in de agrarische gebieden- binnen de n2000-gebieden slechts heel beperkt doorwerkt.

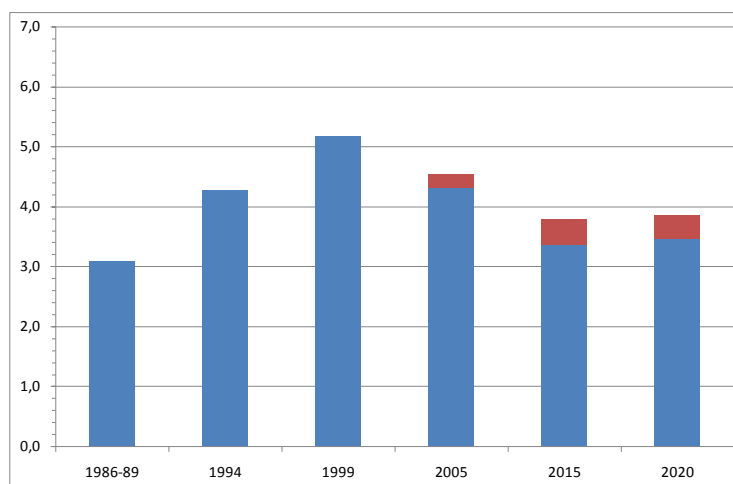
In figuur 2.15 staat de NIW-trend voor zes afzonderlijke n2000-regio's. De IJsselstreek heeft over de hele meetperiode gezien de laagste NIW. Het hoogst is de NIW in de regio Engbertsdijk, waar ook het net genoemde Almelo/Langeveen-gebied deel van uitmaakt. Dit geldt overigens niet alleen voor de recente toestand, maar wederom voor de hele meetperiode.

In alle regio's is er na 1999 een afname van de NIW. Het duidelijkst is de afname in de regio Vecht-Regge, en in de Sallandse Heuvelrug-regio. In Salland (Vecht-Regge en IJsselstreek) lijkt deze afname zich te bestendigen. In de Twentse regio's is er na 2015 daarentegen weer een lichte stijging van de NIW; hier lijkt een patroon in te zitten.

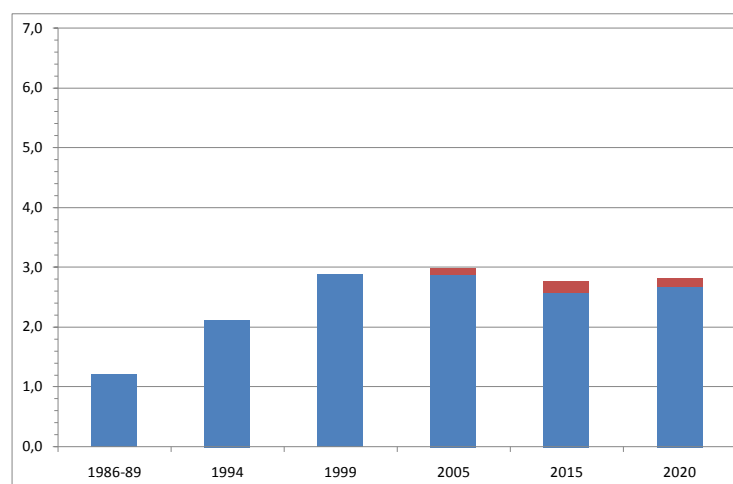
Figuur 2.12 Hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in de 'witte gebieden' (rood: de correctie voor wegverkeer; blauw: NIW exclusief de locale effecten van verkeer).

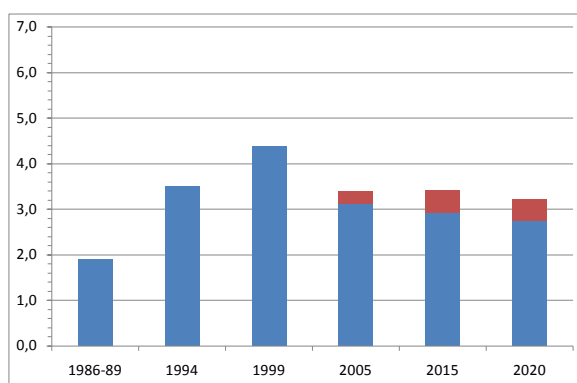


Figuur 2.13 Hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in de zeven n2000-regio's (rood: de correctie voor wegverkeer; blauw: NIW exclusief de locale effecten van verkeer).

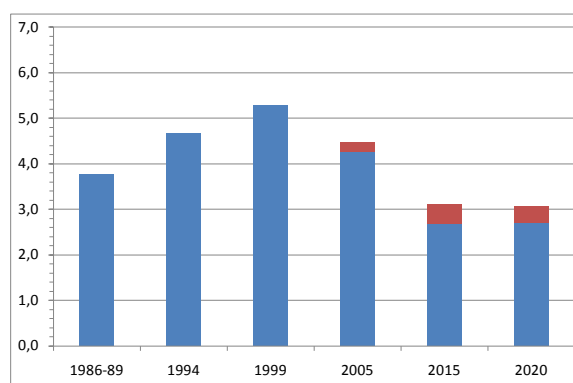


Figuur 2.14 Hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) binnen de grenzen van de n2000-gebieden zelf (rood: de correctie voor wegverkeer; blauw: NIW exclusief de locale effecten van verkeer).

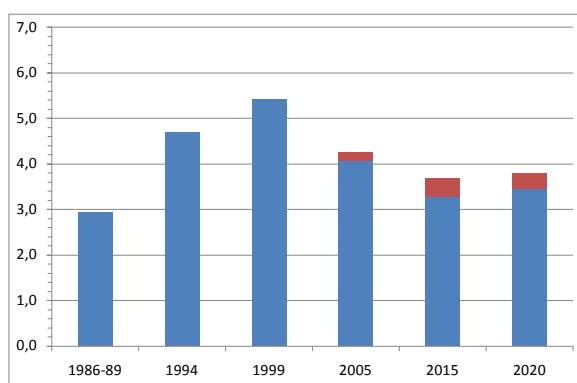




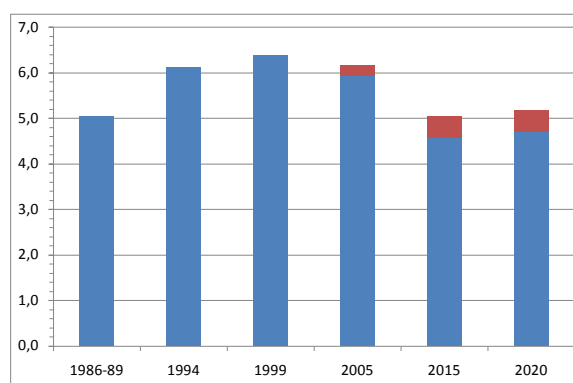
a. IJsselstreek



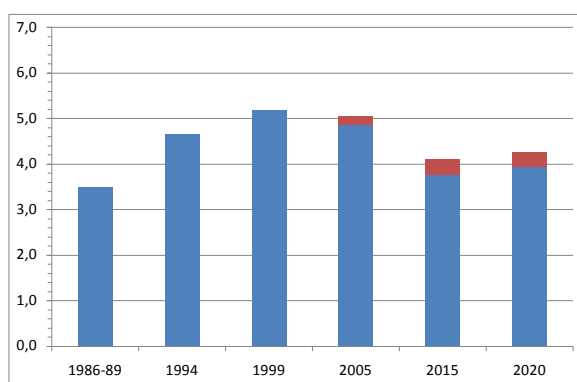
b. Vecht-Regge



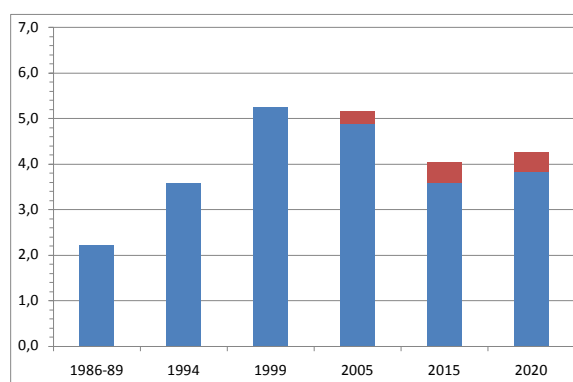
c. Sallandse Heuvelrug



d. Engbertsdijk



e. Springendal-Mosbeek



f. Zuidoost-Twente

Figuur 2.15 De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in zes afzonderlijke n2000-regio's (rood: de correctie voor wegverkeer; blauw: NIW exclusief de lokale effecten van verkeer).

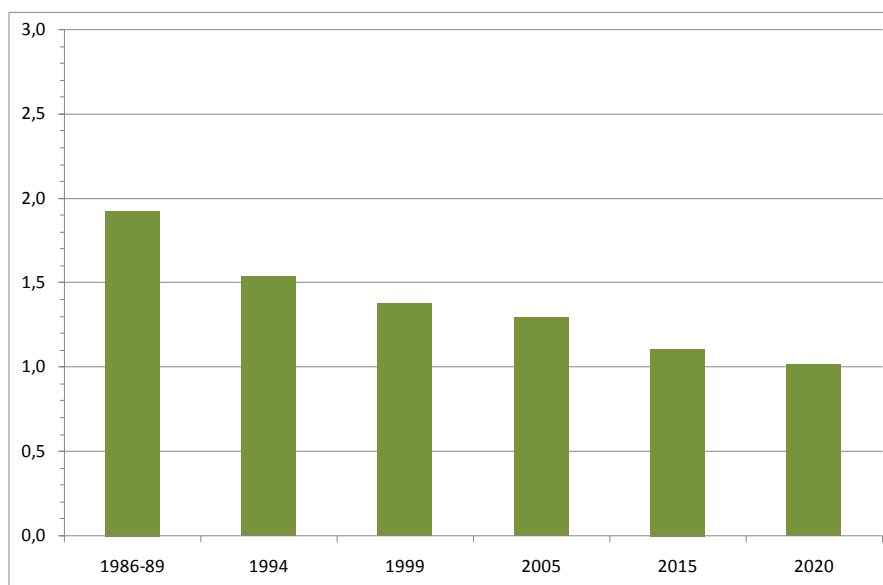
2.7 De hoeveelheid ammoniakgevoelige soorten

De hoeveelheid ammoniakgevoelige soorten (AIW) vertoont in Overijssel als geheel (figuur 2.16) en in alle regionale opsplittings (figuur 2.17 t/m 2.20) een neergaande trend. Ondanks de reductie van de ammoniakuitstoot, en de afname van de hoeveelheid ammoniakminnaars tussen 1999 en 2015 (par. 2.2 en 2.3), valt er tot dusver dus geen terugkeer van ammoniakgevoelige soorten te bespeuren.

Een dergelijke achteruitgang treedt in alle andere onderzochte provincies op.

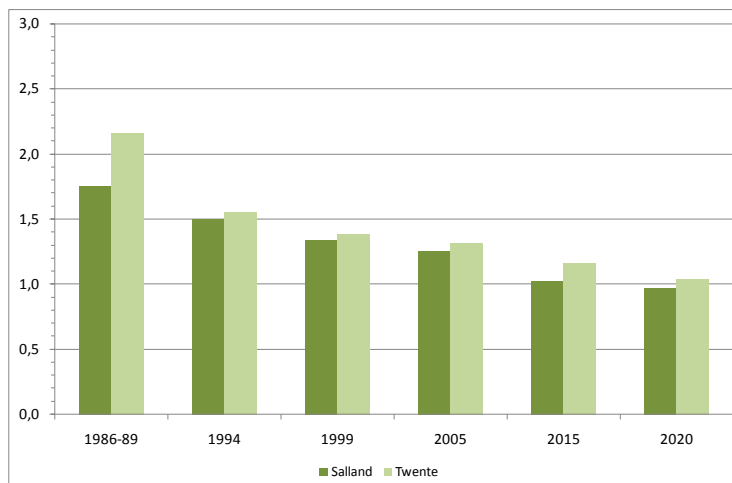
In Utrecht (van Herk, 2019a) is nagegaan wat de achterliggende oorzaak is van deze nog steeds doorgaande achteruitgang. Uit berekeningen met meetpunten op de Utrechtse Heuvelrug bleek dat de ontzuring van de boomschors niet stopt, maar doorgaat zolang er ammoniakdepositie plaats vindt. Als de ammoniakdepositie daalt wordt de schors niet vanzelf weer zuur (de natuurlijke toestand van eikenschors), maar blijft de ontzuurde toestand langdurig (persistent) gehandhaafd. In een recent artikel in Buxbaumiella wordt hier dieper op ingegaan (van Herk, 2019b).

Dat boomschors die ontzuurd is niet vanzelf opnieuw zuur wordt, kan duidelijk worden vastgesteld aan de hand van de korstmosbegroeiing op dergelijke punten: die is er één van subneutrale omstandigheden ($\text{pH} \pm 5,5$) 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 bomen waarop ammoniakminnaars massaal verdwenen zijn. Dit is een boomvoetbewoner. Gelobde poederkorst (*Lepraria finkii*) is een zuurminnaar die, tegen de trend in, in bossen sterk toeneemt.

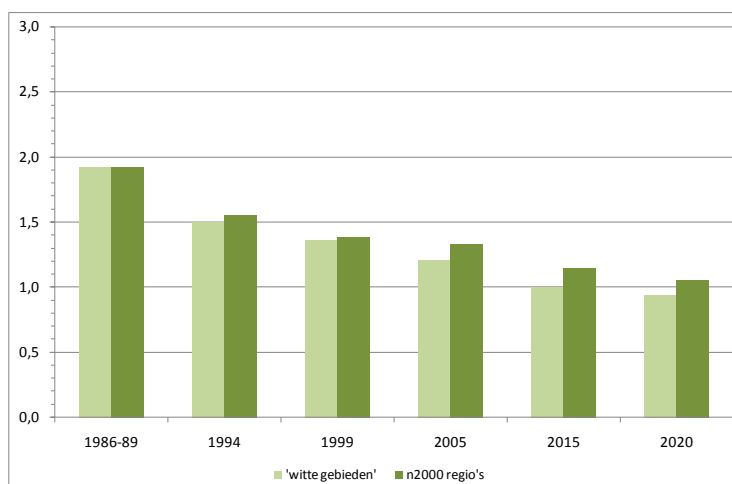


Figuur 2.16 Hoeveelheid ammoniakgevoelige soorten (AIW) in het gehele onderzoeksgebied.

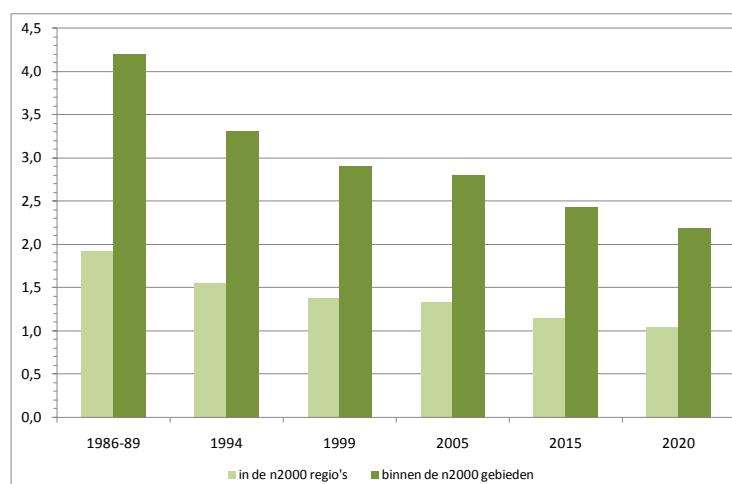
Figuur 2.17 Hoeveelheid ammoniak-gevoelige soorten (AIW) in Salland (l) en Twente (r).

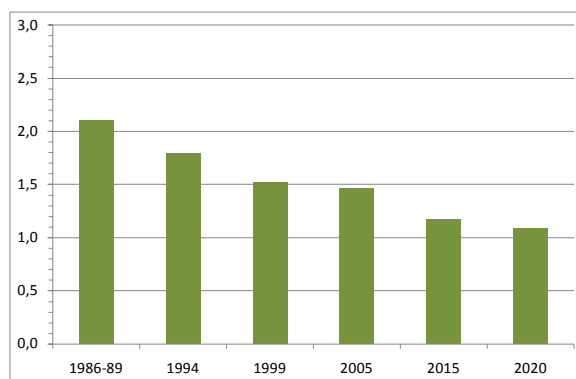


Figuur 2.18 Hoeveelheid ammoniak-gevoelige soorten (AIW) in de 'witte gebieden' (l) en in de zeven n2000-regio's (r).

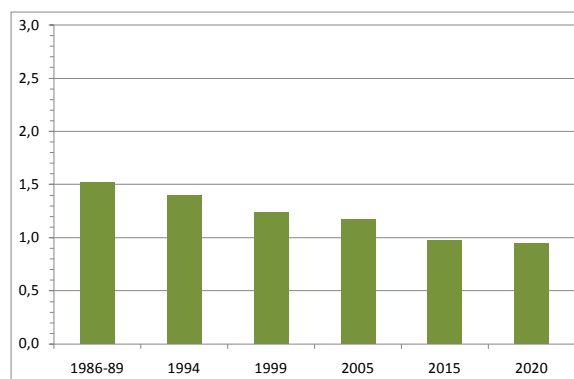


Figuur 2.19 Hoeveelheid ammoniak-gevoelige soorten (AIW) in de zeven n2000-regio's (l) en binnen de n2000-gebieden zelf (r).

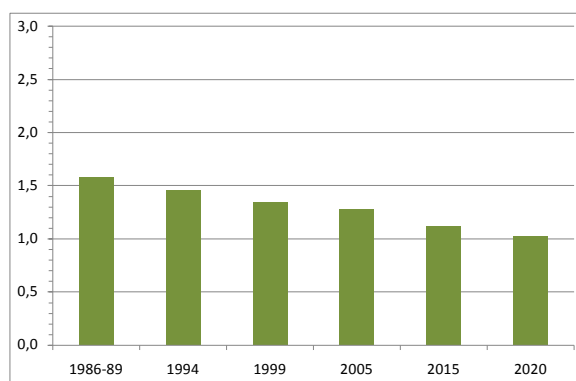




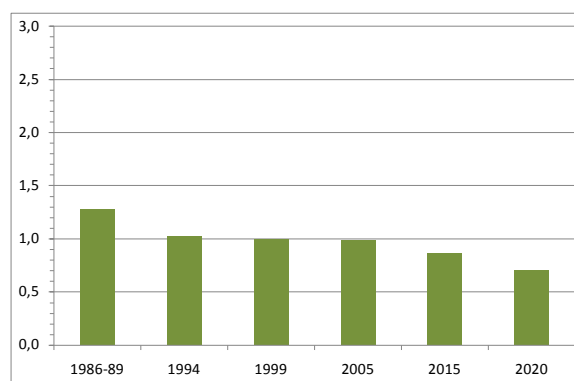
a. IJsselstreek



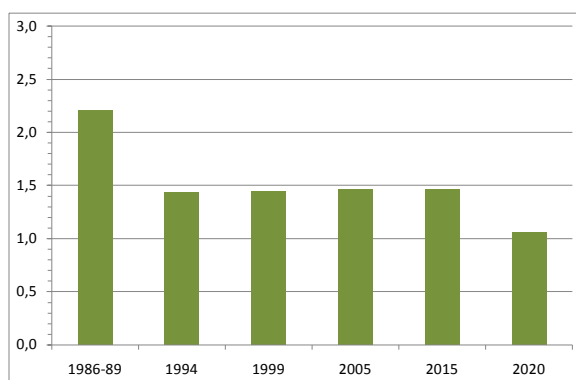
b. Vecht-Regge



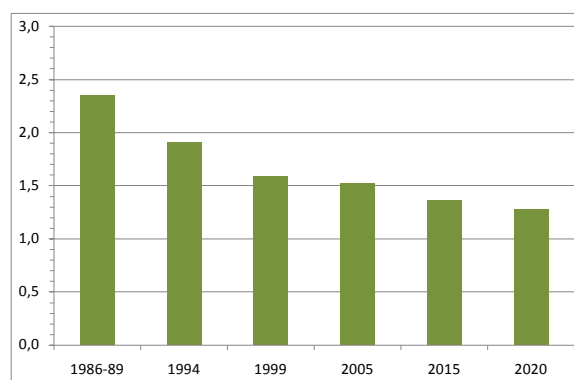
c. Sallandse Heuvelrug



d. Engbertsdijk



e. Springendal-Mosbeek



f. Zuidoost-Twente

Figuur 2.20 De hoeveelheid ammoniakgevoelige soorten (AIW) in zes afzonderlijke n2000-regio's.

Opdelingen in Salland en Twente, Natura 2000-regio's en 'witte gebieden' laten de volgende overeenkomsten, verschillen en trends zien:

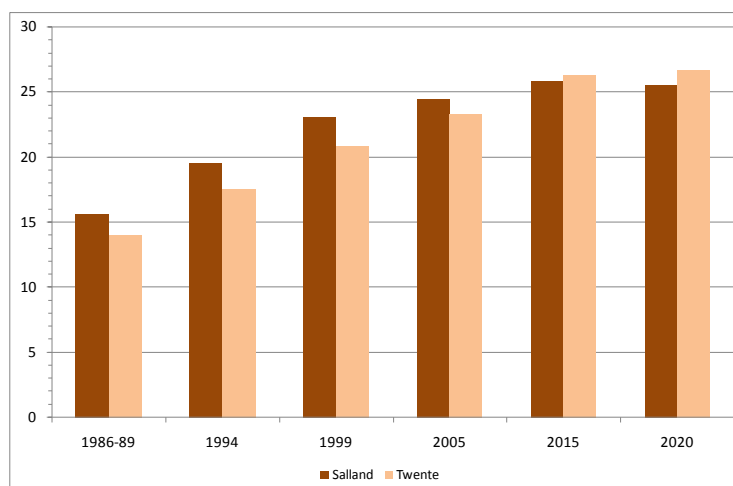
- In Twente komen gemiddeld iets meer ammoniakgevoelige soorten voor dan in Salland (figuur 2.17). Dit hangt mogelijk samen met een wat grotere aanwezigheid van bossen en oude bomen in Twente. In beide neemt de AIW geleidelijk af.
- In de Natura 2000-regio's zijn iets meer ammoniakgevoelige soorten aanwezig dan in de 'witte gebieden' (figuur 2.18). Dit ligt voor de hand: in de n2000-regio's liggen grote gebieden met een zekere ruimtelijke isolatie ten aanzien van ammoniak. Bij de NIW (ammoniakminnaars, par. 2.6) zagen we nauwelijks onderscheid, maar dat zegt meer over de intensiteit van het agrarische gebruik in de regio's en daarbuiten. Overal neemt de AIW geleidelijk af.
- Binnen de Natura 2000-gebieden komen meer dan twee keer zoveel ammoniakgevoelige soorten voor als in de 2000-regio's (figuur 2.19) of de 'witte gebieden' (figuur 2.18). Dit geldt voor de hele meetperiode. De verhouding tussen 'binnen' en 'buiten' Natura 2000 is de hele meetperiode vrijwel constant. Dit laat zien dat de buffering tegen effecten van buitenaf, ondanks de doorgaande ontzuring, niet genivelleerd raakt.
- In de regio Engbertsdijkerven komen de minste ammoniakgevoelige soorten voor (figuur 2.20); in Zuidoost-Twente de meeste. De overige regio's (IJsselstreek, Vecht-Regge, Sallandse Heuvelrug en Springendal-Mosbeek) ontlopen elkaar niet zo veel. In alle regio's neemt de AIW geleidelijk af, in de regio's Springendal-Mosbeek en Engbertsdijk is er in de periode 1995 - 2015 evenwel nauwelijks of geen afname.

2.8 Soortenrijkdom regionaal

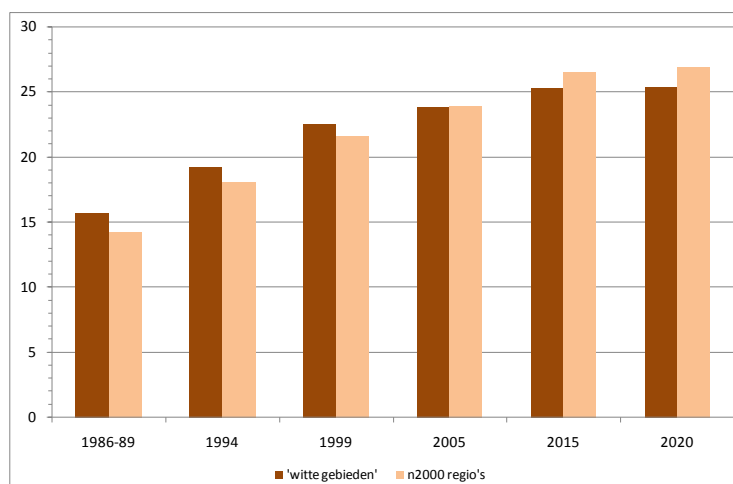
De verandering van de soortenrijkdom voor Overijssel als geheel is in par. 2.1 al behandeld. Hier gaan we in op de trends in de diverse deelgebieden.

- Trends voor Salland en Twente apart zijn zichtbaar in figuur 2.21. De soortenrijkdom per punt was in Salland traditioneel hoger dan in Twente. De oorzaak hiervan is in belangrijke mate een naijleffect van de hogere zwaveldioxide belasting in Twente in de jaren '70/'80. Tussen 2005 en 2015 is dit verschil verdwenen, en op dit moment heeft Twente Salland ingehaald. Dit 'inhalen' wordt veroorzaakt door de gemiddeld hogere NIW in Twente (figuur 2.8): hier zijn vanaf 1994 verhoudingsgewijs steeds meer ammoniakminnaars die hun bijdrage leveren aan de soortenrijkdom.
- Bossen en natuurgebieden zijn als 'zure bolwerken' vanouds obligaat soortenarm. Dit verklaart de in beginsel lagere soortenrijkdom van n2000-gebieden (figuur 2.23). Door de ontzuring a.g.v. ammoniak zijn in toenemende mate andere soorten,

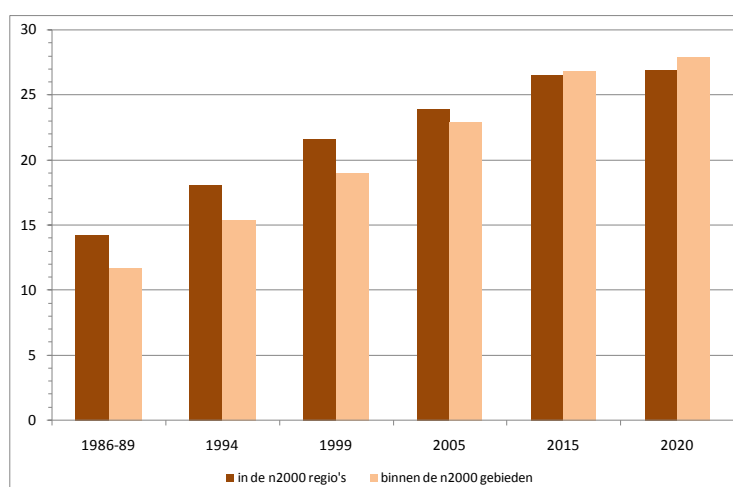
Figuur 2.21 *Het aantal soorten korstmossen per meetpunt in Salland (l) en Twente (r).*

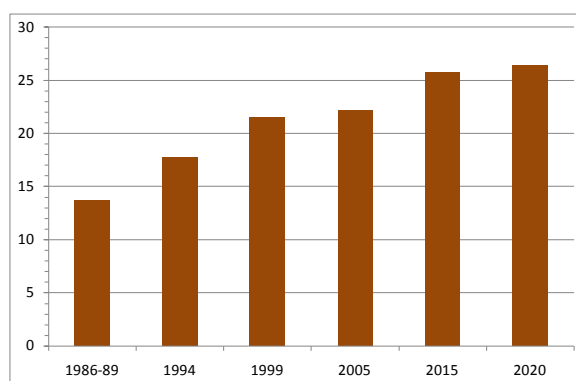


Figuur 2.22 *Het aantal soorten korstmossen per meetpunt in de 'witte gebieden' (l) en in de zeven n2000-regio's (r).*

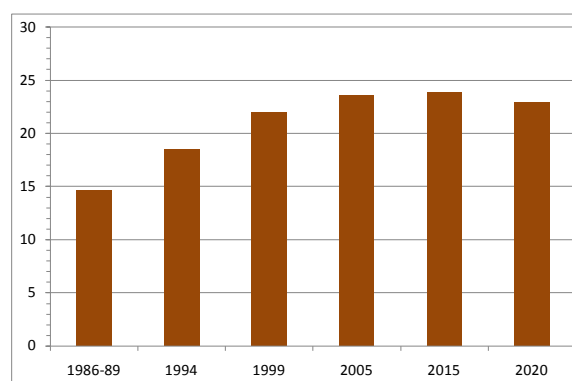


Figuur 2.23 *Het aantal soorten korstmossen per meetpunt in de zeven n2000-regio's (l) en binnen de n2000 gebieden zelf (r).*

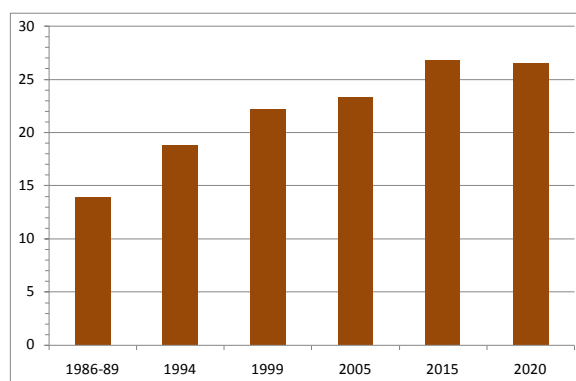




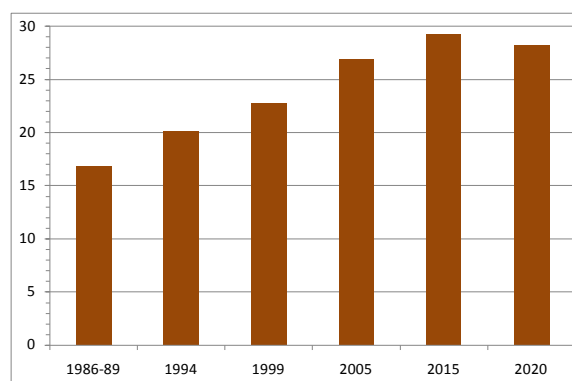
a. IJsselstreek



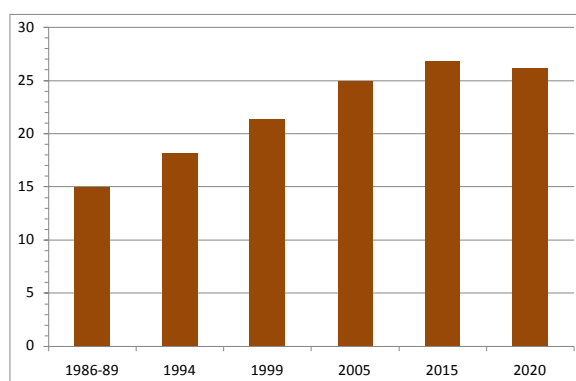
b. Vecht-Regge



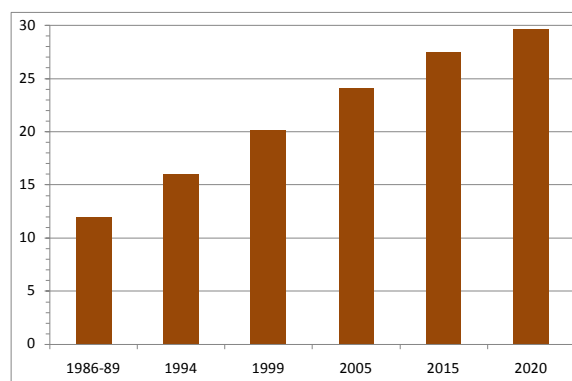
c. Sallandse Heuvelrug



d. Engbertsdijk



e. Springendal-Mosbeek



f. Zuidoost-Twente

Figuur 2.24 Het aantal soorten korstmossen per meetpunt in zes afzonderlijke n2000-regio's.

waaronder ammoniakminnaars, de n2000-gebieden binnengedrongen, met als resultaat dat vanaf 2015 de soortenrijkdom binnen de n2000-gebieden groter geworden is dan daarbuiten. Iets vergelijkbaars geldt ook voor de n2000-regio's in relatie tot de 'witte gebieden' (figuur 2.22).

- De meeste n2000-regio's ontlopen elkaar niet zoveel als het om de ontwikkelingen in soortenrijkdom gaat (figuur 2.24). Zuidoost-Twente wijkt echter af: deze regio begint in 1986/89 zeer soortenarm (SO_2), en is inmiddels de soortenrijkste regio met bijna 30 soorten per meetpunt. Dit is de enige regio waar de soortenrijkdom recent nog flink is toegenomen. In vier andere regio's (Vecht-Regge, Sallandse Heuvelrug, Engbertsdijk en Springendal-Mosbeek) is er in 2020 voor het eerst een (beperkte) afname van de soortenrijkdom.

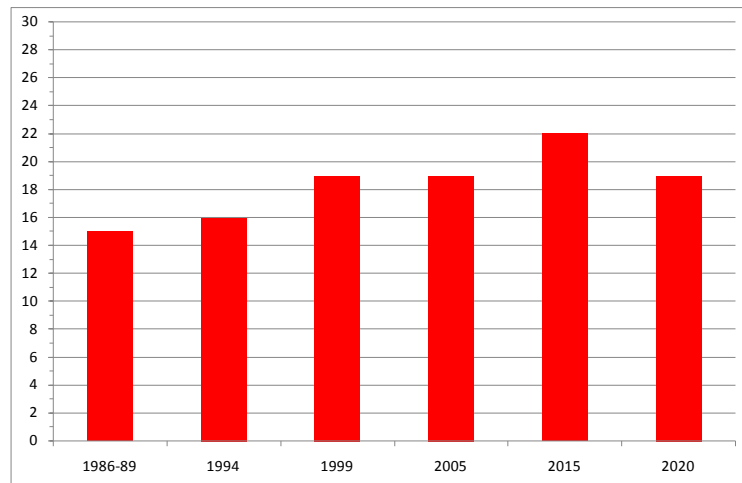
2.9 Rode Lijst

Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt is over de onderzoeksperiode flink afgenomen (figuur 2.26). Dit lijkt vreemd: de soortenrijkdom is in dezelfde periode immers juist flink toegenomen (figuur 2.1). Maar er is gelijktijdig een sterke achteruitgang van de ammoniakgevoelige soorten opgetreden. Dit blijkt duidelijk uit de steeds verder afnemende AIW (par. 2.7). Een deel van deze soorten staat juist vanwege deze sterke achteruitgang op de Rode Lijst. Hier zijn ook een paar soorten bij die tot voor kort vrij algemeen waren, maar momenteel meer dan 75% afgenomen zijn ten opzichte van 1950 (het referentiejaar), te weten Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*) en Groene schotelkorst (*Lecanora conizaeoides*). Zij vallen daarmee in de categorie 'gevoelig', en leggen als zodanig veel gewicht in de schaal bij de veranderingen (tabel 2.1). De trends sinds 1989 (figuur 2.26 - 2.30) worden als gevolg hiervan in belangrijke mate door deze twee soorten bepaald.

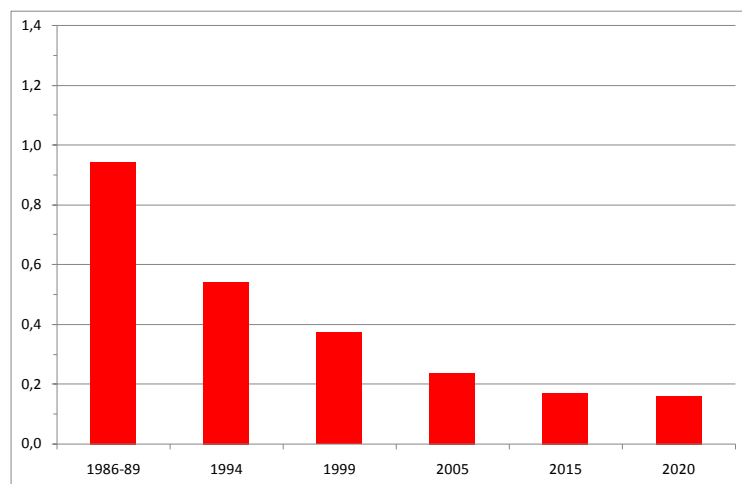
De Groene schotelkorst hoort 'technisch' gezien op de Rode Lijst omdat hij voldoet aan de criteria, maar in het verleden was hij een vervuilingsindicator voor SO_2 . Dit is nu niet meer het geval: hij heeft zich momenteel teruggetrokken tot de schoonste bossen, zo ver mogelijk verwijderd van ammoniakbronnen. Niettemin zijn er veel meer soorten in Tabel 2.1 die nu nog steeds achteruit gaan of (zelfs uit het meetnet verdwenen zijn) als gevolg van ammoniak: Ananaskorst (*Pertusaria amara*), Groot boerenkoolmos (*Platismatia glauca*), Purper geweimos (*Pseudevernia furfuracea*), Bleek baardmos (*Usnea hirta*) en Boskringkorst (*Varicellaria hemisphaerica*). De sterke afname van het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt is daarom vooral een expressie van de nog steeds doorgaande verslechtering ten gevolge van ammoniak.

Er zijn ook Rode Lijstsoorten die toegenomen zijn, zoals Fors Rijpmos (*Physconia distorta*) en Groot takmos (*Ramalina fraxinea*). Deze twee soorten groeien bij voorkeur op de neutrale schors van bijv. iepen, en profiteren er nu van dat de schors van eiken ontzuurd is. Breed takmos (*Ramalina canariensis*) is een warmteminnaar.

Figuur 2.25 Aantal Rode Lijst-soorten per ronde



Figuur 2.26 Aantal Rode Lijst-soorten per punt



Het cumulatief aantal Rode Lijst-soorten per onderzoeksrunde (afgeleid uit bijlage 2) laat -over het geheel- geen achteruitgang zien; tot 2015 is er zelfs een vooruitgang (figuur 2.25); na 2015 een lichte achteruitgang. Op soortsniveau zijn er per saldo dus Rode Lijstsoorten bij gekomen.

Kijken we vervolgens nog naar de diverse deelgebieden, dan zien we het volgende:

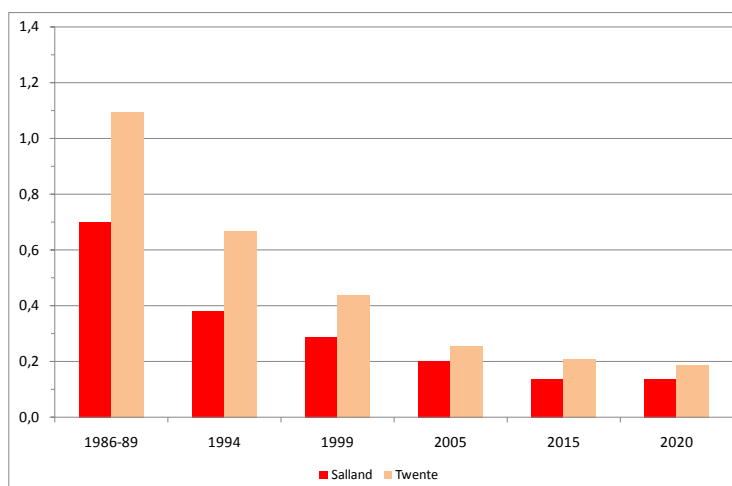
- Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt is in Twente steeds duidelijk hoger dan in Salland (figuur 2.27). Dit heeft verschillende oorzaken: Er zijn in Twente meer oude bomen (bijv. op het landgoed Twickel); er zijn meer grote aaneengesloten bosrijke gebieden; het aantal zuurminnende RL-soorten uit de categorie '*gevoelig*' was in Twente traditioneel groter.

wetenschappelijke naam	n2005	n2020	zeldz	RL		Nederlandse naam
Anaptychia ciliaris		1	zzz	BE	*	Wimpermos
Arthonia didyma		1	zzz	KW		Beukenvlekje
Chaenotheca hispidula	1	2	zzz	KW	*	Kort schorssteeltje
Flavopunctelia flaventior	1	1	zzz	BE	*	Oosters schildmos
Hypogymnia physodes	42	11	a	GE		Gewoon schorsmos
Lecanora conizaeoides	14	2	a	GE		Groene schotelkorst
Lecanora intumescens		1	zzz	KW		Golvende schotelkorst
Melanelixia subargentifera		1	zzz	GE	*	Behaard schildmos
Parmelina tiliacea	2	8	z	KW	*	Lindeschildmos
Pertusaria albescens	7	9	z	KW	*	Witte kringkorst
Pertusaria amara	5	4	z	KW	*	Ananaskorst
Physcia leptalea	1		zzz	GE		Stekelig vingermos
Physconia distorta	2	5	zz	BE	*	Fors rijpmos
Platismatia glauca	5	2	zz	KW	*	Groot boerenkoolmos
Pseudevernia furfuracea	6	1	z	KW	*	Purper geweimos
Ramalina canariensis		4	zzz	GE		Breed takmos
Ramalina fraxinea	1	2	zz	BE	*	Groot takmos
Ramalina pollinaria	1	1	zzz	GE	*	Sierlijk takmos
Sporodophoron cretaceum		1	zzz	GE	*	Witkring
Usnea hirta	1		zz	KW	*	Bleek baardmos
Varicellaria hemisphaerica	1		zzz	BE	*	Boskringkorst
Xanthoparmelia verruculifera	1	1	zz	BE	*	Wrattig schildmos
totaal aantal soorten	16	19				
totaal aantal waarnemingen	91	58				

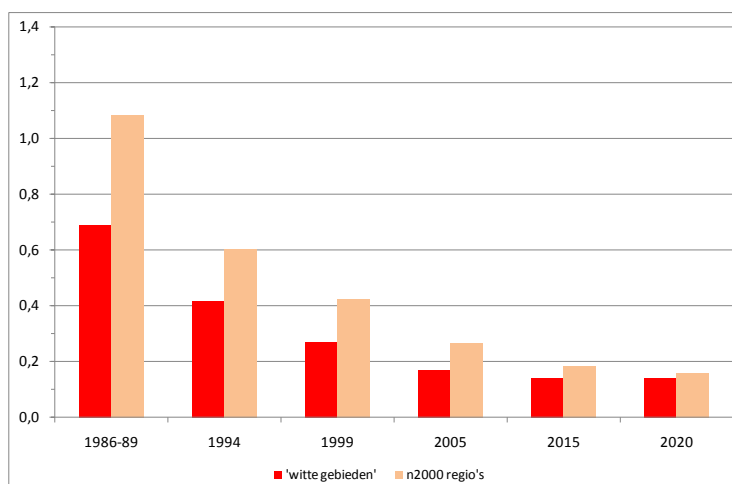
Tabel 2.1 De veranderingen die opgetreden zijn sinds 2005 bij 22 Rode Lijstsoorten in de 330 herhaalde meetpunten. Toelichting: n2005 & n2020= aantal meetpunten met deze soort in resp. 2005 en 2020; zeldz= zeldzaamheid anno 2012 (a= vrij algemeen, z= vrij zeldzaam, zz= zeldzaam, zzz= zeer zeldzaam); RL= Rode Lijst-status (Aptroot, et al., 2012) (GE= gevoelig, KW= kwetsbaar, BE= bedreigd). De met een sterretje (*) gemarkeerde soorten verdienen extra bescherming tegen bijv. kap; het zijn veelal langlevende soorten van oude bomen, typerend voor soortenrijke gemeenschappen.

- Iets vergelijkbaars zien we bij een vergelijking van de n2000-regio's met de 'witte gebieden', en bij een vergelijking van n2000-gebieden met n2000-regio's (figuur 2.28 en 2.29): Er zijn meer oude bomen in de n2000-regio's (resp. n2000-gebieden); er zijn meer grote aaneengesloten bosrijke gebieden in de n2000-regio's (resp. n2000-gebieden); het aantal zuurminnende RL-soorten uit de categorie 'gevoelig' is in bosrijke gebieden groter.

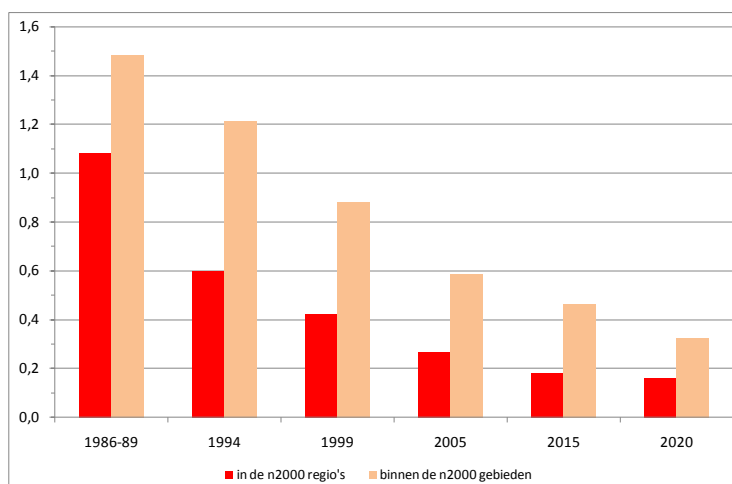
Figuur 2.27 Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt in Salland (l) en Twente (r).

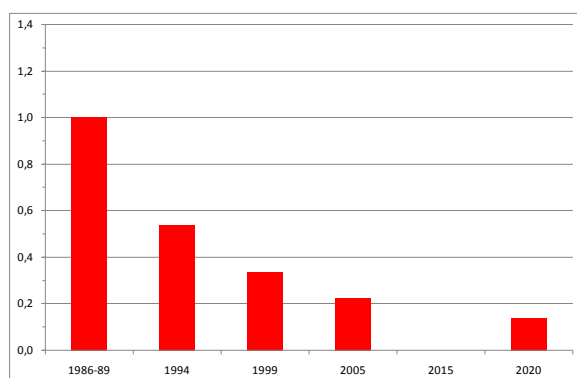


Figuur 2.28 Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt in de 'witte gebieden' (l) en in de zeven n2000-regio's (r).

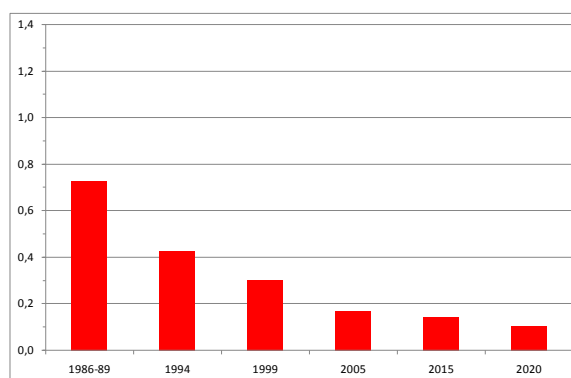


Figuur 2.29 Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt in de zeven n2000-regio's (l) en binnen de n2000-gebieden zelf (r).

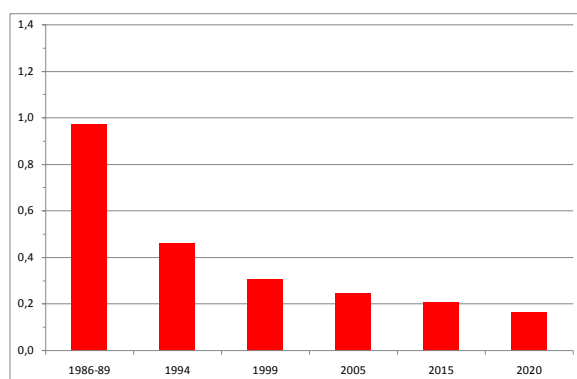




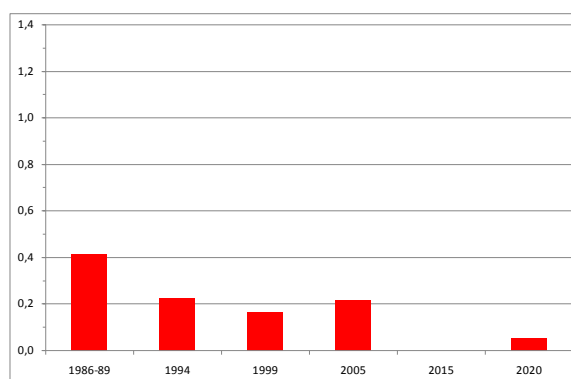
a. IJsselstreek



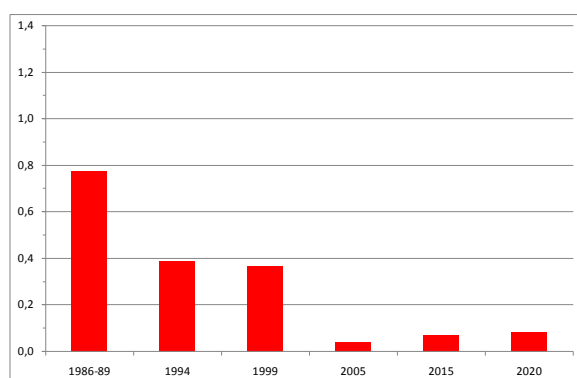
b. Vecht-Regge



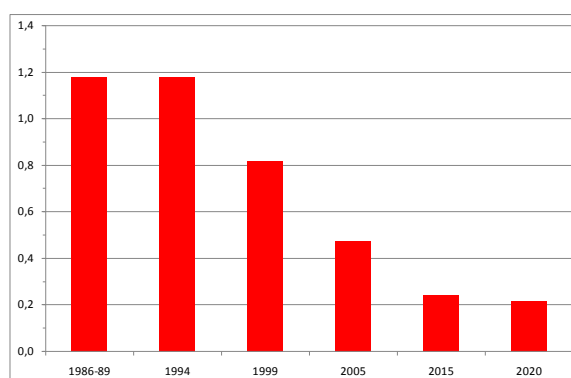
c. Sallandse Heuvelrug



d. Engbertsdijk



e. Springendal-Mosbeek



f. Zuidoost-Twente

Figuur 2.30 Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt in zes afzonderlijke n2000-regio's.

- Figuur 2.30 laat zien dat vooral in Zuidoost-Twente veel Rode Lijstsoorten aanwezig zijn. Tijdens alle rondes is hier het grootste aantal RL-soorten per meetpunt aangetroffen. In alle n2000-regio's is er evenwel een sterke afname gedurende de hele onderzoeksperiode.

2.10 Warmteminnaars (warmer klimaat)

Het gemiddelde temperatuurgetal is over de gehele onderzoeksperiode sterk toegenomen (figuur 2.31). Dit betekent dat het warmer geworden klimaat zich duidelijk in de soortensamenstelling van de korstmosbegroeiing weerspiegelt. De stijging bedraagt over de hele meetperiode 0,33 eenheden, en is het grootst tussen 1994 en 2005. Recenter (tussen 2005 en 2015) is de toename vanwege de langere tussenpose iets minder groot.

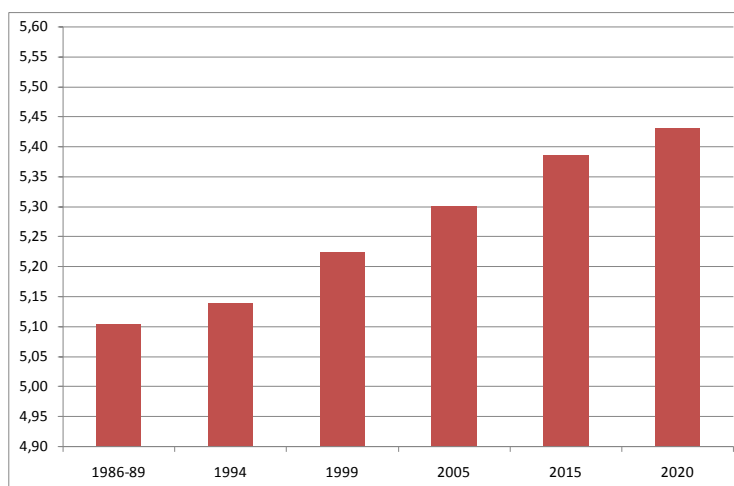
Het continentaliteitsgetal blijkt gedurende de onderzoeksperiode eveneens sterk veranderd; deze nam met 0,47 eenheden af (figuur 2.32). Een afname van het continentaliteitsgetal betekent dat het klimaat minder continentaal, d.w.z. atlantisch geworden is. Het geeft dus aan dat de soortensamenstelling in mindere mate lijkt op die in gebieden met een landklimaat, en meer op die met een zeeklimaat.

De sterke verandering van zowel het temperatuurgetal als ook het continentaliteitsgetal, betekent dat niet simpelweg een hoger geworden gemiddelde temperatuur bepalend is. Het duidt er vooral ook op dat het zachter geworden winterklimaat belangrijk is. Veel korstmossen hebben een optimale fotosynthese bij lage temperaturen, dikwijls tussen de 5 en 10 °C. (Nash III, 1996) mits voldoende vocht aanwezig is. Vocht wordt passief opgenomen; in droge periodes valt de fotosynthese stil. Door de zachter geworden winters met voldoende neerslag in de vorm van regen, en slechts incidentele vorstperiodes, is de winter de optimale periode geworden om fotosynthese te laten plaatsvinden. Warme en droge zomers deren korstmossen niet; ze gaan dan in een latente toestand over. Een continentaal klimaat vraagt, door de strengere winters, een andere levensstrategie.

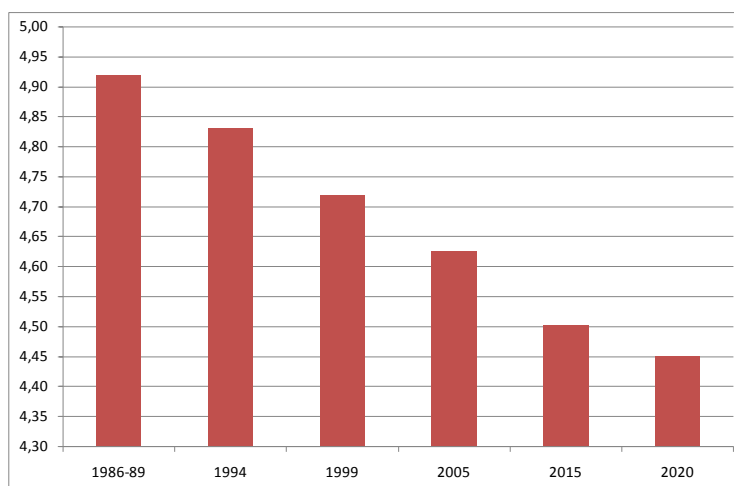
De veranderingen komen vooral tot uitdrukking in de sterke toename van korstmossoorten met een *Trentepohlia*-alg (Aptroot & van Herk, 2009). Deze alg behoort tot de groenalgen, maar heeft een rode kleur, en komt voor in korstmossen (zie figuur 1.1) uit de geslachten, o.a. *Alyxoria*, *Anisomeridium*, *Arthonia*, *Coenogonium*, *Opegrapha*, *Schismatomma* en *Pseudoschismatomma*. Vaak is aan de rossige kleur van een korstmos te zien dat deze alg erin zit. *Trentepohlia* komt ook als vrijlevende alg voor, en valt dan dikwijls op als een rode baan op stammen en takken.

De gegevens van de deelgebieden laat zien dat het temperatuurgetal in Salland aanvankelijk iets hoger is dan in Twente, maar dit verschil verdwijnt (figuur 2.34). Het continentaliteitsgetal verschilt niet noemenswaardig (figuur 2.35). Opdeling in

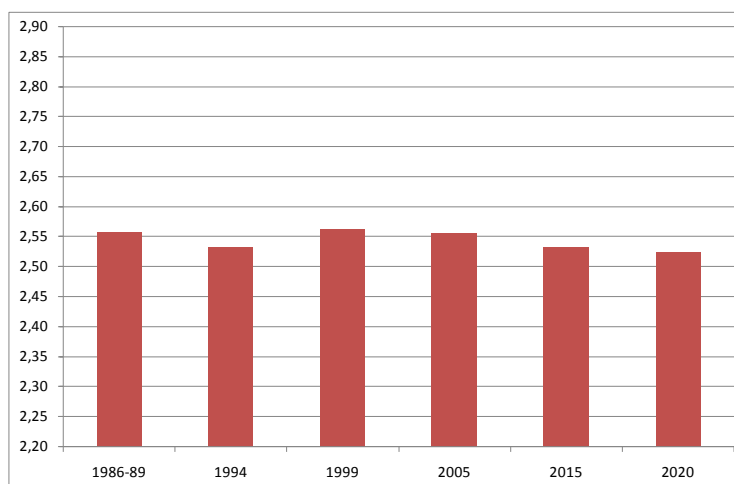
Figuur 2.31 *Gemiddeld temperatuur-
getal*



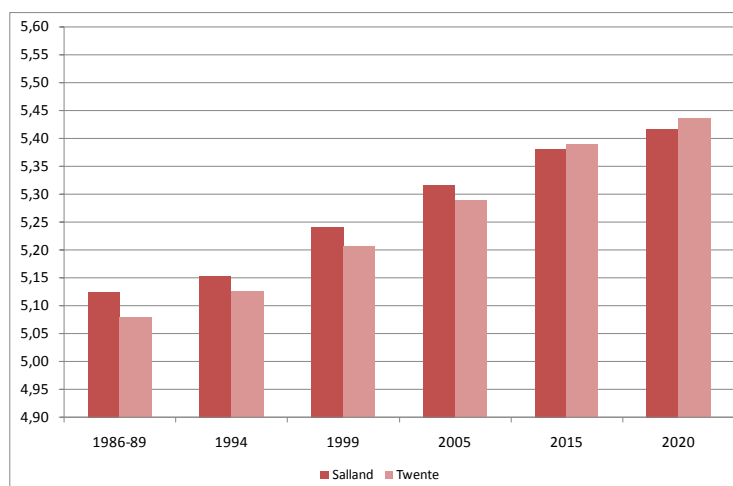
Figuur 2.32 *Gemiddeld continenta-
liteitsgetal*



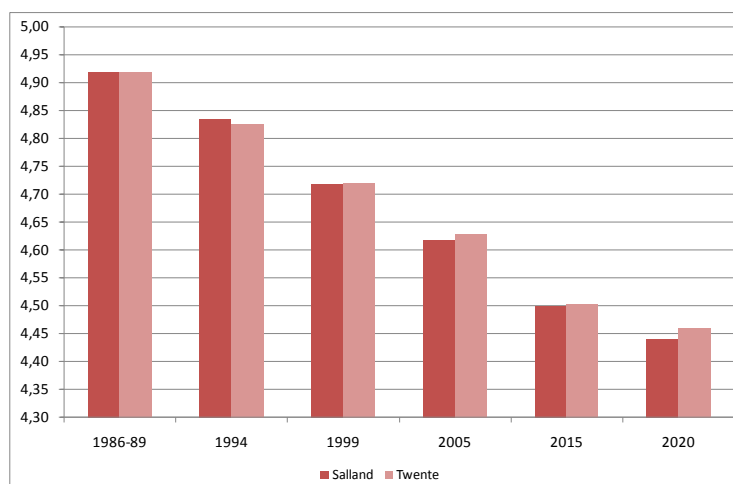
Figuur 2.33 *Gemiddeld vochtgetal*



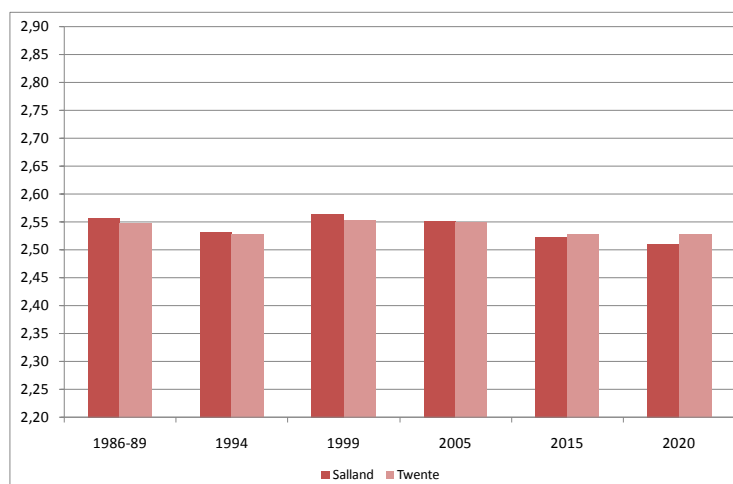
Figuur 2.34 Gemiddeld temperatuurgetal in Salland (l) en Twente (r)



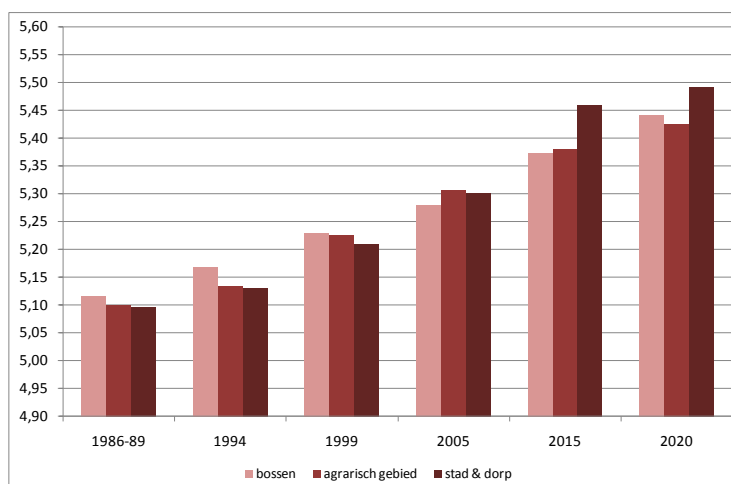
Figuur 2.35 Gemiddeld continentaliteitsgetal in Salland (l) en Twente (r)



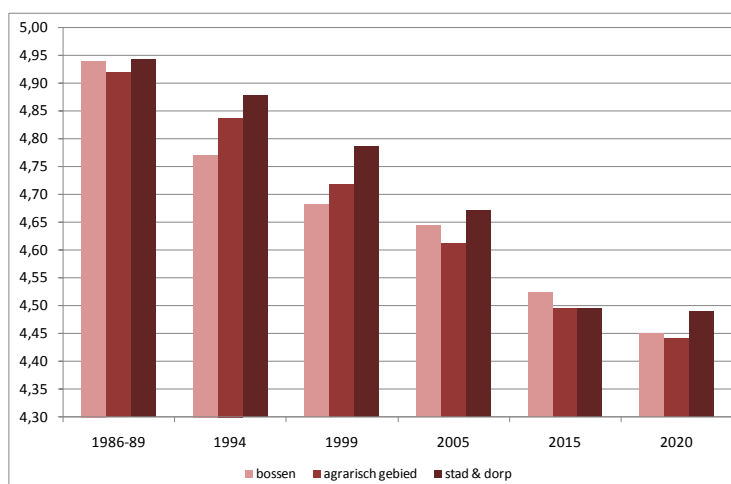
Figuur 2.36 Gemiddeld vochtgetal in Salland (l) en Twente (r)



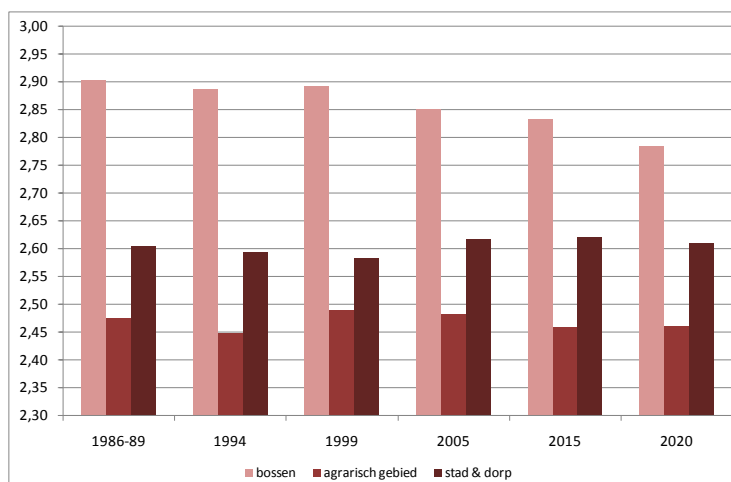
Figuur 2.37 Gemiddeld temperatuurgetal in de bossen (l), agrarisch gebied (m), en stad & dorp (r).



Figuur 2.38 Gemiddeld continentaaliteitsgetal in de bossen (l), agrarisch gebied (m), en stad & dorp (r).



Figuur 2.39 Gemiddeld vochtgetal in de bossen (l), agrarisch gebied (m), en stad & dorp (r).



agrarisch gebied, bos- & natuur, en stad & dorp laat ook geen grote verschillen zien (figuur 2.37 en 2.38). Bebouwde kom lijkt vaak iets warmer en continentaler te zijn.

In figuur 2.40 is niet uitgegaan van ecologische indicatiewaarden, maar van het areaal (het verspreidingsgebied) van korstmossen. Bij de meeste soorten is goed bekend of dat het areaal noordelijk of zuidelijk is. Een verschuiving in het areaal, afgemeten aan de veranderde soortensamenstelling per meetpunt, laat dus zien of er een respons is op een warmer klimaat. De veranderde samenstelling is zowel absoluut (onder) als in procenten (boven) gegeven.

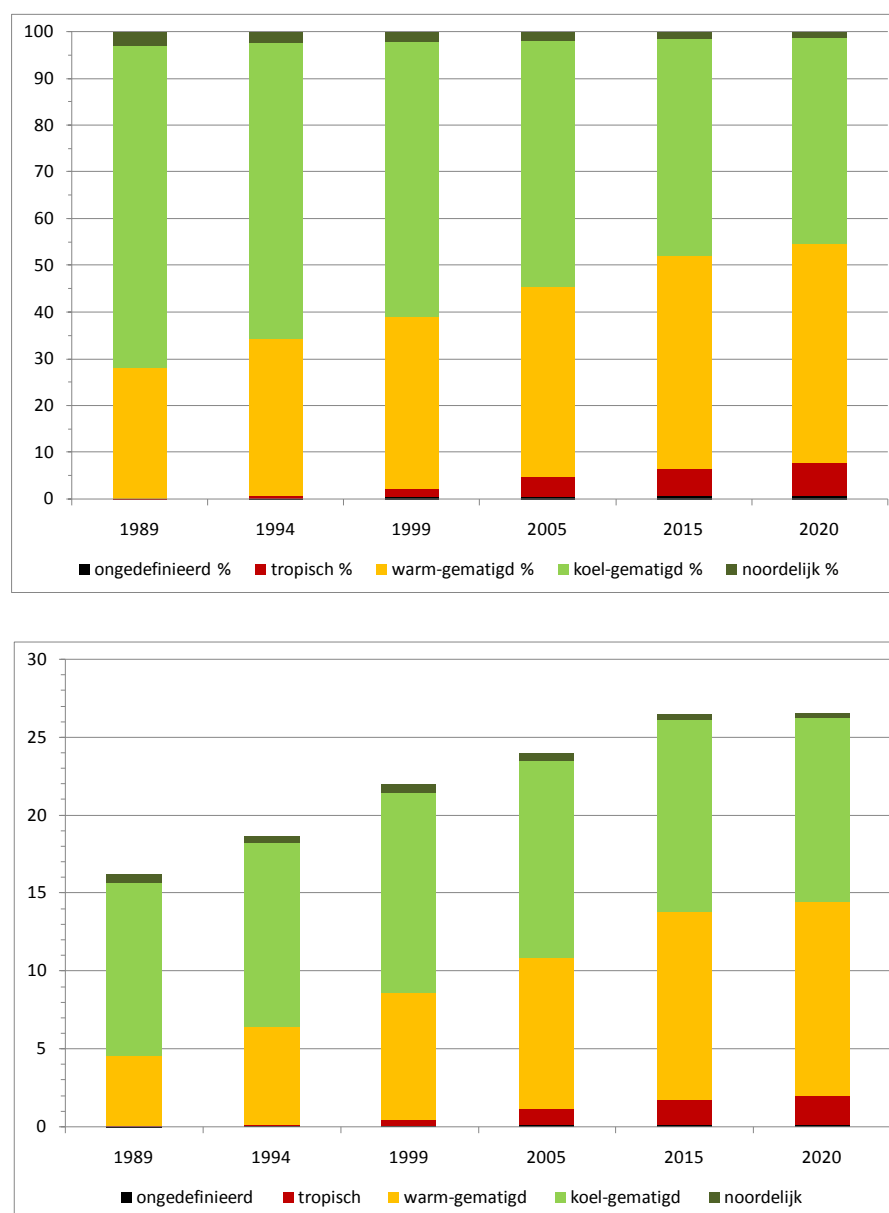
Te zien is dat er over de hele meetperiode een sterke verschuiving is opgetreden. Procentueel veranderen alle vier categorieën (tropisch, warm-temperaat, koel-temperaat en noordelijk). In absolute zin blijven koel-gematigde soorten echter vrijwel onveranderd. De tussen 1989 en 2020 opgetreden toename in soortenrijkdom wordt helemaal 'opgevuld' met tropische en warm-temperate soorten. Noordelijke soorten zijn meer dan gehalveerd, maar bij deze categorie gaat het in absolute zin om slechts kleine aantallen.

2.11 Vochtminnaars (natter klimaat)

Het gemiddelde vochtgetal is over de onderzoeksperiode niet noemenswaardig gestegen of gedaald; deze schommelt rond de 2,55 (figuur 2.33). Dit betekent dat er met deze methode geen effect waarneembaar is van een regenrijker klimaat (of juist drogere zomers) op de soortensamenstelling van de korstmossen. Klaarblijkelijk is de hoeveelheid neerslag daarvoor onvoldoende veranderd. Korstmossen kunnen zeer goed tegen periodiek uitdrogen, maar vochtige periodes zijn wel zo nu en dan nodig. Bij veel soorten is een hoge luchtvochtigheid al toereikend om in de vochtbehoefte te voorzien.

Regionaal zijn er geen noemenswaardige verschillen in vochtindicatie: de situatie in Sallend en Twente is nagenoeg gelijk (figuur 2.36). Wel zijn er duidelijke verschillen naar gelang het grondgebruik (figuur 2.39). Agrarisch gebied blijkt zeer droog te zijn: dit komt vermoedelijk niet alleen door de dikwijls lage (grond-)waterstand (met een lage luchtvochtigheid als gevolg), ook de geëxponeerde standplaats van veel vrijstaande wegbomen draagt bij aan de droogtestress.

In stad & dorp is de vochtindicatie iets hoger. De bomen staan hier in het algemeen wat beschutter, met een iets minder droge lucht als resultaat. In bos & natuur is de vochtindicatie zeer hoog. Er is dikwijls niet alleen een hogere waterstand, in bosrijke omstandigheden is er ook een meer beschutte atmosfeer. Bos & natuur is sinds 1989 wel droger geworden; het vochtgetal nam af van 2,90 naar 2,78 (figuur 2.39). De oorzaak hiervan lijkt meer te maken te hebben met het beheer (ander grond- en/of oppervlaktewaterregime) dan met een veranderend klimaat.



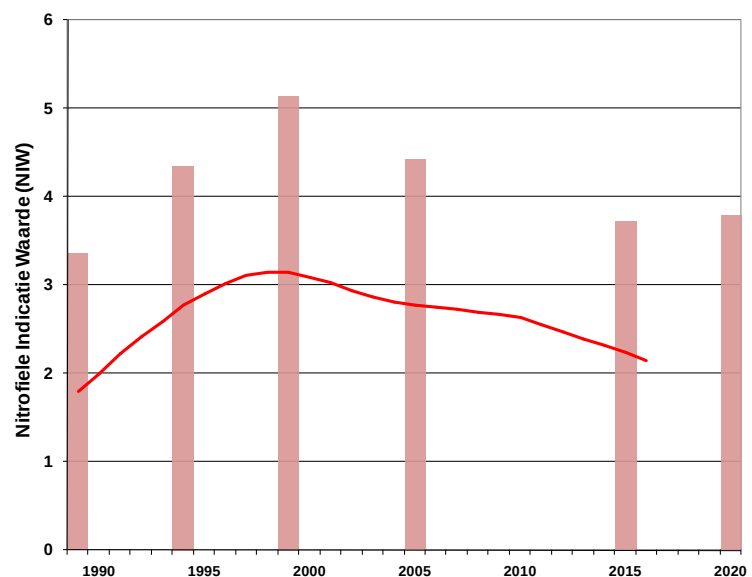
Figuur 2.40 De verandering van de soortensamenstelling per meetpunt in Overijssel als functie van het areaal van de soorten, uitgedrukt in procenten (boven) en absoluut (onder). De soorten zijn ingedeeld in vier categorieën: tropisch, warm-gematigd, koel-gematigd en noordelijk. Bij ongedefinieerde soorten is het areaal onbekend. Tot de tropische soorten worden soorten gerekend die in de tropen meer voorkomen dan in elk van de gematigde zones. Een gelijksoortige definitie geldt voor de andere categorieën.

2.12 Interprovinciaal

Het monitoringsonderzoek aan korstmossen, zoals dit in zes provincies sinds de negentiger jaren wordt uitgevoerd, laat diverse interprovinciale vergelijkingen toe (figuur 2.41 - 2.43).

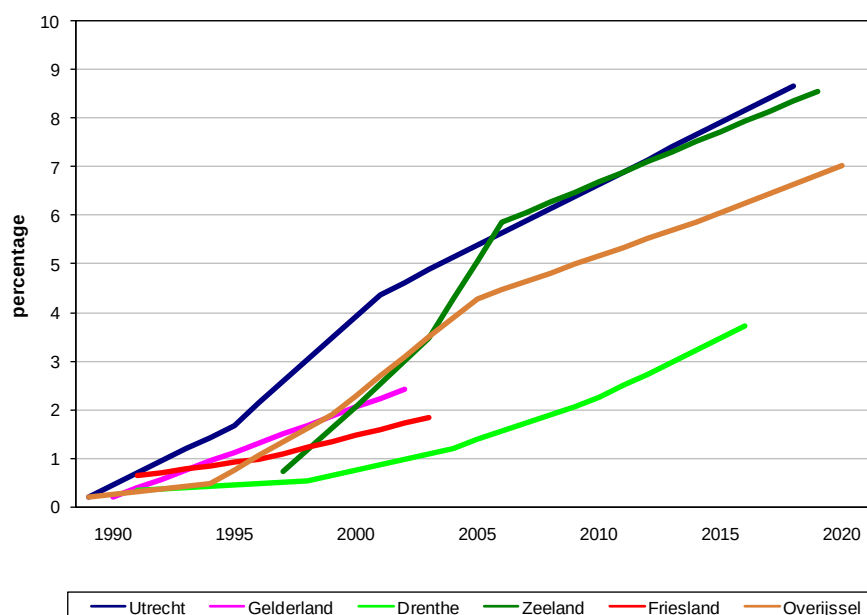
Figuur 2.41 toont een vergelijking van het verloop van de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in Overijssel, en het landelijke verloop tot 2016 (op basis van zes provincies). Te zien is dat de vorm van het verloop vergelijkbaar is. Bij beide is er een maximum aan het eind van de jaren '90. Belangrijk verschil is evenwel dat in Overijssel de NIW-waarden gemiddeld 1,5 punt hoger liggen. Overijssel is dus meer dan gemiddeld met ammoniak vervuild. Verder is Overijssel de eerste provincie waar recent een stagnatie van de afname van de NIW is vastgesteld. Andere provincies zijn recent niet herhaald, of er zijn geen tussentijdse waarnemingen waarmee een stagnatie vast te stellen valt (van der Kolk *et al.*, 2020).

Figuur 2.41 De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in Overijssel (als staafdiagram, ontleend aan figuur 2.3) en als gemiddelde van 6 provincies (rode lijn, ontleend aan figuur 1.5).

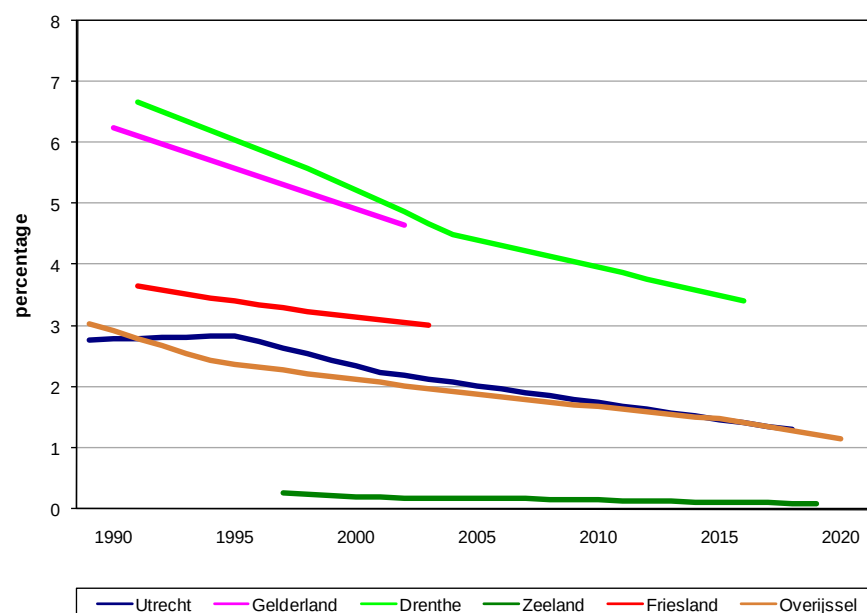


Op het thema 'klimaat' is ook een interprovinciale vergelijking gemaakt (figuur 2.42 en 2.43). In alle provincies nemen zuidelijke tropische soorten toe, en noordelijke soorten af. Zeeland en Utrecht hebben het hoogste aandeel soorten met een wereldwijd overwegend tropische verspreiding. Drenthe heeft het laagste aandeel. Zeeland heeft het laagste aandeel noordelijke soorten, desondanks nemen deze soorten ook in Zeeland af. Drenthe heeft het hoogste aandeel noordelijke soorten, op de voet gevolgd door Gelderland. Overijssel neemt bij beide soortgroepen een middenpositie in.

Figuur 2.42 De verandering van het aandeel tropische soorten in zes provincies



Figuur 2.43 De verandering van het aandeel noordelijke soorten in zes provincies



3 DISCUSSIE

3.1 De indicatiewaarde van korstmossen

Ammoniakminnende korstmossen (NIW-soorten, zie bijlage 5) zijn in het algemeen snelgroeiende opportunisten, die ook weer snel verdwijnen als het milieu ongeschikt wordt. De tijd die nodig is om na een sterke ammoniakreductie weer volledig tot evenwicht te komen bedraagt naar schatting 6 á 7 jaar. Dit is uiteraard een gradueel proces; na 3 á 4 jaar is dit al een eind op weg.

Waar vroeger alle ammoniakminnaars zich gelijksoortig gedroegen is dit nu nog veel minder het geval. Sommige soorten gaan sterk achteruit (bijv. Heksenvingermos (*Physcia tenella*, van 84 naar 52% sinds 2005) en Klein dooiermos (*Polycauliona polycarpa*, van 89 naar 57%)), andere soorten nemen juist toe (bijv. Kapjesvingermos (*Physcia adscendens*, van 84 naar 92%) en Fijne geelkorst (*Candelariella xanthostigma*, van 58 naar 73%)), zie bijlage 2.

Deze tegengestelde trends lijken vreemd, maar de soorten tonen met dit gedrag vrijwel zeker een additionele respons op klimaatverandering. De vraag is wel gerechtvaardigd of dit geen verstoring heeft op de indicatiewaarde van de NIW. Er zijn echter geen aanwijzingen dat dit feitelijk het geval is. Temperatuur en stikstof zijn twee factoren die onafhankelijk invloed hebben op de soortensamenstelling. Het is niet zo dat de 'nichestapeling' in een koel milieu groter of kleiner is dan in een warm milieu. Wel dragen andere soorten bij aan de invulling daarvan. De NIW is in dat opzicht goed in balans. De in 1989 ontworpen methode (van Herk, 1999), waarbij de cumulatieve hoeveelheid ammoniakminnaars doorslaggevend is, blijkt nog steeds goed te werken.

Naast het effect dat klimaat op de samenstelling van ammoniakminnaars heeft, is er ook nog een pH-effect. Begin jaren '90 gingen het toenemende effect van ammoniak en de daaruit voortvloeiende ontzuring van de schors hand in hand. Na 1998 is deze relatie ontkoppeld: de pH steeg door, maar de ammoniakvervuiling nam af. Een soort als Klein dooiermos, die goed gedijt bij een geringe ammoniakvervuiling én een relatief lage pH (hoge zuurgraad), was niet gebaat bij de doorstijgende pH. Momenteel is de ammoniakvervuiling in een aantal gebieden terug op een laag niveau, maar het milieu is in veel mindere mate nog geschikt voor Klein dooiermos omdat de schors voor hem nu te veel is ontzuurd.

In bossen is de NIW in het algemeen lager dan daarbuiten omdat de vrije aanstroom van lucht naar de stam gehinderd is. Onder het kronendak is de luchtconcentratie ammoniak daardoor veel lager dan daarboven. Beter zou het zijn om daar de korstmossen in de boomkroon te bestuderen, maar dat is onhaalbaar. De monitoring is in bossen ook lastiger omdat de expositie (aanstroom van lucht) door beheerswerkzaamheden als kappen en dunnen beïnvloed wordt. In bossen zitten ammoniakminnende korstmossen vooral veel op de (horizontale) takken; dit is een aanwijzing dat hier vooral de natte depositie een rol speelt. De vastgestelde trend (figuur 2.10) is mede hierdoor anders dan de trend voor alle n2000-gebieden (figuur 2.14).

Behalve bij de korstmossen, is ook bij de mossen de doorgaande ontzuring goed zichtbaar. Zo is het Gewoon sikkelsterretje (*Dicranoweisia cirrata*) sterk afgenomen, en Gewoon klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*) zeer dominant geworden. Vooral in bossen is dit proces duidelijk. Klauwtjesmos is hier dikwijls zo overheersend geworden dat alle andere soorten worden verdrongen. Korstmossen zitten in bossen nu in hoofdzaak alleen nog op de droge oostkant van de stam (waar Klauwtjesmos niet groeit), en op takken twijgen. Er is geopperd om te experimenteren met verwijdering van tapijten Klauwtjesmos om bedreigde soorten als Groot boerenkoolmos (*Platismatia glauca*) te redden, maar dat zal geen soelaas bieden omdat het milieu door de opgetreden ontzuring inmiddels irreversibel (zie par. 2.7) veranderd is. In Engeland is in een onlangs verschenen publicatie de noodklok geluid over het gevaar van 'alkaline air' (Sutton *et al.*, 2020). Het besef dat deze vorm van luchtvervuiling een grote bedreiging vormt voor de natuur begint ook daar door te dringen. Het irreversibele karakter en de persistente effect van 'basische lucht' kan niet genoeg worden benadrukt.

De manier waarop ontzuring zich voltrekt heeft meer implicaties. De verschillen tussen boomsoorten worden vrijwel volledig genivelleerd: de natuurlijke boomsoort afhankelijke verschillen in epifytenflora verdwijnen, en de typerende soorten van bossen raken we grotendeels kwijt (van Herk, 2019b). Wat er nu gebeurt is in zeker opzicht het zelfde als wat er in de jaren '70 en '80 gebeurde toen de zwaveldioxide concentraties hoog waren, maar met een omgekeerd resultaat. Alle boomschors neigde toen naar een pH van ongeveer 4. Op eiken had dat toen weinig effect (die waren al zuur), maar op iepen en essen bijvoorbeeld wel; de schors daarvan raakte toen sterk verzuurd.

Overigens roept de term 'verzuurd' bij eiken gemakkelijk een fout beeld op. Eiken die in de jaren '70 en '80 sterk beïnvloed waren door hoge zwaveldioïxideconcentraties bleken precies dezelfde schors-pH te hebben als 'schone' eiken met Baardmossen (*Usnea* spp.) op de Veluwe, namelijk 3,8 (van Herk, 1990). De verschillen qua aanwezigheid van korstmossen zijn daarentegen zeer groot. Die zijn veel meer te herleiden op het toxische (giftige) effect van hoge zwaveldioïde concentraties; verschillen in schors-pH spelen hierbij hoegenaamd geen rol (van Herk, 2001). De algemeen gebruikelijke term 'verzuurd' is in deze context daarom misleidend omdat het een verlaging van de schors-pH veronderstelt als gevolg van zure depositie, maar dat treedt dus niet op als de schors al inherent zuur is.

Dit gegeven is belangrijk omdat het een verklaring geeft voor het feit dat de hoeveelheid ammoniakminnende korstmossen op eiken (de hoogte van de NIW) in gebieden met een SO₂-vervuilingsgeschiedenis ongeveer even veel voorkomen als in gebieden die deze geschiedenis niet gekend hebben. Dit is nu zo, en dat was begin jaren '90 ook al zo (van Herk, 1999). Dit komt doordat er bij eiken in beide situaties een initieel vergelijkbare schors-pH is.

Een vaker gehoorde opvatting is dat bijna alle korstmossen, ook ammoniakminnaars, sterk geprofiteerd zouden hebben van de lager geworden zwaveldioïdebelasting, eind jaren '80 (bijv. Van Dobben, 1993). Bij deze opvatting zijn evenwel de nodige

kanttekeningen te plaatsen. Net als bij de huidige situatie, waarbij eenmaal ontzuurde schors niet spontaan weer zuur wordt, was ook toen het effect van SO_2 op de schors-pH persistent. Een ontzuring treedt alleen op als er in voldoende mate een basische 'reactie' actief is. Zo lang die er niet is zullen ammoniakminnaars niet vanzelf verschijnen. Uit het korstmossenonderzoek dat sinds 1970 uitgevoerd wordt (o.m. De Wit, 1976; van der Knaap, 1980) blijkt dat het ammoniakprobleem in beginsel ontstaan is toen er in de jaren '70 en '80 in de veehouderij overgeschakeld is van mestverwerking met stro (ruige stalmest) op drijfmest. Plotseling verschenen toen ammoniakminnaars rond boerderijen. Drijfmestproductie is een anaeroob proces (waar weinig of geen zuurstof aan te pas komt), wat een vergisting van de mest tot gevolg heeft. Mestverwerking met stro is aeroob (met zuurstof), wat aanleiding geeft tot een rottingsproces. Alleen bij drijfmestproductie komen substantiële hoeveelheden ammoniak vrij. De toename van ammoniakminnaars, die zich in de loop van de tachtiger jaren voltrokken heeft is daarom vrijwel zeker een gevolg van deze omschakeling. De daling van de zwaveldioxidebelasting, ongeveer gelijktijdig, moet gezien worden als een randvoorwaarde, niet als oorzaak. De meeste ammoniakminnende soorten hebben geen hoge gevoeligheid voor SO_2 ; alleen een ontzuring van de schors kan aanleiding zijn voor hun vestiging.

De gevolgen van de omschakeling op drijfmest, en de daarop volgende intensivering in de veehouderij, werkten vermoedelijk tot diep in de 90-er jaren door op de NIW. Dit is de belangrijkste reden waarom de NIW tussen 1989 en ± 1996 nog een flinke stijging laat zien. Dit geldt zowel voor Overijssel als geheel (figuur 2.7), als ook voor diverse deelgebieden (figuur 2.8 & 2.15). Een zeker effect van SO_2 is evenwel niet uit te sluiten. Zo zou de snellere stijging van de NIW tussen 1989 en 1999 in Twente vergeleken met de stijging in Salland (figuur 2.8) hiermee te maken kunnen hebben. In Twente was de SO_2 belasting tot in de tachtiger jaren veel hoger dan in Salland. Het grootste deel van de verandering tussen 1989 en 1996 blijft echter toe te schrijven aan de toename van ammoniak, ook in Twente.

3.2 Milieu-impasse

Nergens in Europa is de ammoniakuitstoot zo groot als in Nederland (zie o.m. Trouw van 5 oktober 2019 en TNO studie van 17 oktober 2019). Nederland is daarmee het sterkst met ammoniak vervuilde land in Europa; vermoedelijk is dit tevens wereldwijd het geval. Deze grote hoeveelheid ammoniak is zeer schadelijk voor onze natuur (zie o.a. Wereld Natuur Fonds, 2020).

De enorme ammoniakvervuiling staat onomstotelijk vast. Dit is ook aan de korstmossen af te lezen. Het tussen 1989 en 1995 vastgestelde ruimtelijke patroon van ammoniakminnende korstmossen in Nederland (van Herk, 1999) komt in hoge mate overeen met de door het RIVM berekende patronen van ammoniakvervuiling. Korstmosbegroeiingen, zoals aanwezig in sterk vervuilde veeconcentratiegebieden in het oosten en zuiden van het land, worden in deze samenstelling nergens anders ter

wereld waargenomen. Het meest vergelijkbaar is de situatie nog in delen van Denemarken, West-Vlaanderen en in de Po-vlakte van Italië.

Met de aanwijzing van Natura 2000 gebieden heeft Nederland zich gecommitteerd aan Europese regelgeving om deze gebieden veilig te stellen. Met de PAS werd getracht een plafond aan de stikstofuitstoot (ammoniak + stikstofoxiden) in de omgeving van deze gebieden te stellen om aan minimale eisen van veiligstelling te voldoen. Door onze uitzonderlijke hoge stikstofuitstoot is Nederland, als enig Europees land, in de 'gevaarzone' gekomen. Dit laatste is uit oogpunt van de regelgeving. Voor veel soorten korstmossen is het gestelde plafond sowieso ontoereikend; die verdwijnen al bij een veel lager plafond.

De ammoniakemissie en concentratie loopt de laatste jaren weer op (Wichink Kruit *et al.*, 2018; www.clo.nl, <https://man.rivm.nl>). In Overijssel wordt de luchtconcentratie ammoniak in negen natuurgebieden gemeten (<https://man.rivm.nl>). In geen van de negen terreinen is er een verbetering; in de meerderheid van de terreinen is de concentratie tussen 2015 en 2019 toegenomen, bijv. de Engbertsdijkerven, het Springendal en het Haaksbergerveen & Buurserzand.

Meer dan 60% van de Nederlandse stikstofuitstoot (in potentieel zuur) vindt plaats in de vorm van ammoniak; minder dan 40% in de vorm van stikstofoxide (www.clo.nl). Een flink deel van deze uitstoot verdwijnt naar het buitenland. De effecten van de stikstofuitstoot zijn tot diep in Scandinavië aantoonbaar (van Herk *et al.*, 2003). Door de grote uitwisseling met het buitenland slaat slechts 60% van de in ons land geproduceerde stikstof weer bij ons neer. Meer dan tweederde van deze 60% (42% per 60% = 70% per 100%) komt uit de agrarische sector (www.clo.nl). Minder dan 30% komt uit andere bronnen.

Door het grote aandeel van de agrarische sector in deze problematiek is het noodzakelijk dat hier gezocht moet worden naar een rechtvaardig deel van de oplossing. Een oplossingsrichting kan bestaan uit een omschakeling naar kringlooplandbouw. De enorme import van soja en andere veevoederproducten veroorzaakt niet alleen een groot stikstofprobleem, het is ook een probleem voor de tropische bossen in o.m. Zuid-Amerika. De sojateelt heeft daar rampzalige proporties aangenomen. Bij deze oplossingsrichting snijdt het mes aan twee kanten: er komt een milieuvriendelijkere landbouw waarbij de agrariër zelf kan beslissen hoe hij dit in zijn bedrijfsvoering doorvoert, en er zijn klimaatvoordelen door het behoud van het regenwoud.

Dit onderzoek maakt opnieuw duidelijk dat de katalysator in benzineauto's en de AdBlue-verstuiver in dieselloertuigen (zie par. 1.4) vermoedelijk een belangrijke bron van ammoniakuitstoot vormen. Mogelijk functioneert de AdBlue-verstuiver slecht in situaties met veel stilstaand, optrekkend en afremmend verkeer, zoals in stadsranden met veel stoplichten en rotondes. De verstuiver is dan wellicht niet goed in staat om correct te doseren, waardoor grote hoeveelheden ammoniak de uitlaat verlaten. De toename van de NIW is in sommige stedelijke gebieden sinds 2005 zeer groot, en hiervoor is geen andere verklaring te vinden.

In de media en ook op internet wordt het probleem van de AdBlue tot nu toe niet

onderkend. Ook de door het RIVM berekende ammoniakuitstoot door het verkeer wordt erg laag ingeschat (4,4 kiloton= 3,9% van de NH_3 -emissie in 2017, www.clo.nl). Mogelijk is dit gebaseerd op metingen onder geconditioneerde omstandigheden. AdBlue heeft uiteraard ook positieve effecten doordat er minder NO_x in het milieu komt, maar momenteel is het onduidelijk of er überhaupt wel een netto positief rendement is, gezien het zeer schadelijke karakter van ammoniak. Er is alle reden om de NH_3 -uitstoot bij de toepassing van AdBlue beter te onderzoeken, en zo mogelijk het gebruik op te schorten. Ook zijn meer NH_3 -metingen met passieve monsterne-mers in dergelijke stadsrandgebieden nodig. Hier ligt weliswaar meestal maar weinig verzuringsgevoelige natuur, maar deze vorm van uitstoot draagt wel bij aan de achtergrondbelasting. Metingen kunnen meer inzicht verschaffen in de omvang van het probleem.

Met korstmossen zijn geen effecten van NO_x in kaart te brengen; de effecten van verkeer zijn daardoor maar deels zichtbaar te maken (alleen NH_3).

De bovenstaande discussie is nog betrekkelijk onbelangrijk als er geen adequaat antwoord gevonden wordt op het klimaatprobleem. De veranderingen m.b.t. het klimaat gaan namelijk zo snel dat een 'point of no return' snel in zicht komt. Hier ligt een probleem dat zich tot existentiële proporties kan ontwikkelen. Als dat niet wordt opgelost, zal de stikstofcrisis slechts bijzaak zijn. Om dit probleem het hoofd te bieden zal een minder antropocentrische houding van de mens noodzakelijk zijn.

4 SAMENVATTING en CONCLUSIES

- In 2020 is het korstmossenmeetnet van de provincie Overijssel voor de zesde maal opgenomen. Eerdere onderzoeksrondes waren in 1989, 1994, 1999, 2005 en 2015. In totaal zijn 330 meetpunten herhaald; deze liggen verspreid over alle zandgronden van de provincie (figuur 1.2). Een meetpunt bestaat steeds uit een groepje eiken, meestal 10 bomen per meetpunt. Alle soorten korstmossen die op de stam van de bomen groeien zijn per boom genoteerd.
- Het onderzoek van 2020 beoogt een actualisering van stand van zaken met nadruk op de effecten van ammoniak in en rond Natura 2000-gebieden. Het gaat daarbij niet alleen om de meest recente ontwikkelingen, maar ook om een analyse van alle trends sinds 1989, buiten en binnen de Natura 2000-regio's (geel in figuur 1.2), en binnen Natura 2000-gebieden (groen in figuur 1.2). Zes regio's zijn apart onderzocht: de IJsselstreek, de regio Vecht-Regge, de Sallandse Heuvelrug, de regio Engberts-dijkerven, de regio Springendal-Mosbeek, en Zuidoost-Twente. Verder zijn opdelingen naar grondgebruik (agrarisch, bos & natuur, stad & dorp), en in o.m. Salland en Twente gehanteerd.
- De volgende graadmeters zijn berekend: 1. De soortenrijkdom per meetpunt; 2. De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt (NIW); 3. De hoeveelheid ammoniakminnaars gecorrigeerd voor wegverkeer; 4. De hoeveelheid ammoniakgevoelige soorten per meetpunt (AIW); 5. twee 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 zes meetjaren berekend. Dit is gedaan voor Overijssel als geheel, en voor alle genoemde deelgebieden en opdelingen naar grondgebruik, voor zover relevant. Verder zijn alle opgetreden veranderingen in soortensamenstelling berekend (zie bijlage 2).
- De soortenrijkdom per meetpunt is tot 2015 sterk toegenomen, maar tussen 2015 en 2020 niet meer (figuur 2.1). Deze steeg van 14,8 in 1989 via 26,1 in 2015 naar 26,4 in 2020. Ook nam het totaal aantal soorten korstmossen over de laatste ronde niet meer toe (van 154 in 2015 naar 153 in 2020, zie bijlage 2).
- De ammoniakminnaars (NIW) zijn voor het eerst in twee decennia niet meer afgenomen (figuur 2.2). Tussen 2015 en 2020 was er een lichte stijging van de NIW van 3,7 naar 3,8. De trend sinds 1989 vertoont een curve met een maximum bij 1999. Na een stijging van 3,4 in 1989 naar 5,1 in 1999 was de graadmeter in 2015 weer op 3,7 terug, een afname van 27,5% ten opzichte van het maximum. Daar is nu nog 26% van over.
Indien de getallen gecorrigeerd worden voor wegverkeer (zie uitleg in par. 1.5.3) dan is er een vergelijkbare lichte stijging tussen 2015 en 2020 (van 3,3 naar 3,4, zie figuur 2.7). De afname tussen 1999 en 2020 is wel groter (34% t.o.v. het maximum) omdat

de verkeersgerelateerde effecten pas rond 1997 zijn begonnen. In omvang zijn deze effecten tot 2015 toegenomen, en daarna weer iets afgenomen (zie bijlage 4).

- Bovenstaande getallen laten zien dat het oplossen van de ammoniakproblematiek stagneert. Er is bij de korstmossen na 2015 geen verbetering meer opgetreden, eerder een lichte verslechtering. Dit komt overeen met de depositiecijfers van het RIVM (zie Compendium voor de Leefomgeving), die ook al enige tijd een stagnatie laten zien. Tot 2015 was er nog wel een duidelijke verbetering bij de korstmossen.
- De trends binnen de Natura 2000-regio's en daarbuiten ('witte gebieden') verschillen niet noemenswaardig (figuur 2.12 en 2.13). Ook de hoogte van de NIW is vrijwel gelijk. Dit betekent dat er qua ammoniak nog geen duidelijke ruimtelijke scheiding is tussen landbouwgebieden die dicht op Natura 2000 liggen (< 5 km), en gebieden daar verder vanaf liggen (> 5 km). Binnen de grenzen van de Natura 2000-gebieden is de NIW wel duidelijk lager dan daarbuiten (figuur 2.14).
- Veel recente veranderingen en invloeden op Natura 2000-gebieden lijken vertraagd en gedempt door te werken. Zo is de afname van de NIW tussen 2005 en 2015 in de agrarische gebieden (figuur 2.9) pas later en veel beperkter zichtbaar binnen de Natura 2000-gebieden (figuur 2.14). Daardoor is er per saldo nog maar weinig winst bereikt. Dit laatste geldt ook voor bos en natuur in het algemeen (figuur 2.10).
- In alle zes Natura 2000-regio's is er een afname van de ammoniakminnaars (NIW) na 1999, maar in de regio's Sallandse Heuvelrug, Engbertsdijk, Springendal-Mosbeek en Zuidoost-Twente is er na 2015 weer een lichte toename. Het hoogst is de NIW in de regio Engbertsdijk, het laagst in de IJsselstreek en Vecht-Regge (figuur 2.15). De korstmossen wijzen erop dat Twente zwaarder met ammoniak belast is als Salland (figuur 2.8).
- In de bebouwde kom van steden en dorpen is de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) sinds 1989 alleen maar sterk toegenomen (figuur 2.11). In 2005 was de NIW hier voor het eerst hoger dan in de agrarische gebieden. Het verloop van de NIW wijkt hiermee fundamenteel af van de trend in de agrarische gebieden. Vermoedelijk spelen verkeersgerelateerde effecten hierbij een belangrijke rol. Het gaat dan om de toepassing van AdBlue in dieselloortuigen, en om katalysatoren in benzineauto's. Van beide staat vast dat zij verantwoordelijk zijn voor substantiële ammoniak-uitstoot. De geldende emissiecijfers geven geen afdoende verklaring voor zulke grote hoeveelheden ammoniakminnaars in stedelijke gebieden. Het korstmossenonderzoek lijkt erop te wijzen dat de emissie uit verkeer te laag wordt ingeschat. Ook langs drukke wegen in het landelijke gebied doet dit zich voor. In figuur 2.7 t/m 2.15 is de locale bijdrage van verkeer aan de achtergrondbelasting in rood weergegeven.
- De verandering van de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) in Overijssel sinds 1989 volgt vrij nauwkeurig het gemiddelde verloop van zes provincies (figuur 2.41).

De gemiddelde NIW in Overijssel ligt in alle meetjaren echter duidelijk hoger. Overijssel is de eerste provincie waar recent een stagnatie van de afname is vastgesteld.

- De hoeveelheid ammoniakgevoelige soorten (AIW) vertoont gedurende de hele meetperiode (sinds 1989) een neergaande trend (figuur 2.16). Dit geldt niet alleen voor Overijssel als geheel, maar ook voor alle deelgebieden (figuur 2.17 tot 2.20). Binnen de Natura 2000-gebieden is de AIW ongeveer twee maal zo hoog als er buiten; dit geldt voor de hele meetperiode sinds 1989, maar ook daar is er een gelijksoortige trend naar beneden.

Ontzuring van de boomschors is de oorzaak van de afname. Dit is het gevolg van de inwerking van basisch ammoniak op het schorsmilieu (figuur 1.6). Uit de waarnemingen blijkt dat schors die ontzuurd is niet vanzelf opnieuw zuur wordt (de natuurlijke toestand bij eiken), ook niet als de ammoniakbelasting daalt. Het gaat hier om een langdurige inwerking. Dit irreversibele karakter van 'basische lucht' is een groot probleem, de verschillen tussen boomsoorten worden hiermee grotendeels genivelleerd, en de typerende soorten van bossen verdwijnen.

- Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt neemt gedurende de hele onderzoeksperiode sterk af (figuur 2.26). De afname is vooral een expressie van de nog steeds doorgaande afname van ammoniakgevoelige soorten zoals Ananaskorst, Groot boerenkoolmos, Purper geweimos, en Bleek baardmos. De trend wordt vooral bepaald door twee ammoniakgevoelige soorten die vroeger vrij algemeen waren en nu zeldzaam geworden zijn. Er zijn ook Rode Lijst-soorten toegenomen, bijv. Fors Rijpmos en Groot takmos. Zij profiteren ervan dat de schors van eiken steeds meer ontzuurd geraakt is. Binnen de Natura 2000 gebieden komen duidelijk meer Rode Lijstsoorten voor dan daarbuiten (figuur 2.29), verder is Twente rijker aan RL-soorten dan Salland (figuur 2.27).

- Het gemiddelde temperatuurgetal (een graadmeter voor een warmer klimaat) is over de gehele onderzoeksperiode duidelijk toegenomen (figuur 2.31). Dit betekent dat het warmere klimaat zich in de soortensamenstelling van de korstmosbegroeiing weerspiegelt. De stijging is relatief het grootst tussen 1994 en 2005. Er is geen effect op het vochtgetal waarneembaar (figuur 2.33). Het duidelijkst is de klimaatsverandering af te lezen aan het continentaliteitsgetal (figuur 2.32). Deze graadmeter neemt sterk af, wat erop wijst dat het klimaat atlantischer geworden is. Dit heeft vooral te maken met het zachtere winterklimaat; veel korstmossen groeien optimaal tussen de 5 en 10 °C. Door de warmer geworden winters met voldoende neerslag in de vorm van regen, en slechts incidentele vorstperiodes, is de winter de optimale periode geworden om te groeien. Een continentaal klimaat vraagt, door de strengere winters, een andere levensstrategie.

- Aanbevolen wordt om het meetnet met deze selectie meetpunten over ongeveer 5 jaar opnieuw te herhalen. De resultaten van deze ronde laten duidelijk zien dat langjarige meetreeksen een steeds grotere meerwaarde krijgen.

5 LITERATUUR

- Aptroot, A. & C.M. van Herk, 2009. Further evidence of the effects of global warming on lichens, particularly those with *Trentepohlia* phycobionts. *Environmental Pollution* 146(2): 293-298.
- Aptroot, A., C.M. van Herk, L.B. Sparrius, & L. Spier, 2004. Checklist van de Nederlandse korstmossen en korstmosparasieten. *Buxbaumiella* 69: 17-55.
- Aptroot, A., K. van Herk & L. Sparrius, 2012. Basisrapport voor de Rode Lijst Korstmossen. *Buxbaumiella* 92: 1-117.
- 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.
- Bremer, P., 1990. Onderzoek naar de epifytische korstmosflora in de provincie Flevoland en de indicatiewaarde voor luchtkwaliteit en natuurbewoud. LB&P in opdracht van Provincie Flevoland. Rapport nr. 88062.
- Compendium voor de Leefomgeving, Internetpagina over stikstofdepositie, 1990-2018, zie: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0189-stikstofdepositie>, geraadpleegd op 16-11-2020.
- Compendium voor de Leefomgeving, Internetpagina over Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging: emissies, 1990-2017, zie <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0183-verzuring-en-grootschalige-luchtverontreiniging-emissies>, geraadpleegd op 16-11-2020.
- Dobben, H.F. van, 1993. *Vegetation as a monitor for deposition of nitrogen and acidity.* Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht.
- Dijk, H.W.J. van, 1988. Epifytische korstmossen, zure regen en ammoniak, basisrapport. Provincie Overijssel, Hoofdgroep ROI, Zwolle.
- 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, 1995. Monitoring van ammoniak met korstmossen in Overijssel. LON in opdracht van Provincie Overijssel, hoofdgroep MW, bureau MBG-G.
- Herk, C.M. van, 1996. Monitoring van ammoniak met korstmossen in Noord-Brabant. Provincie Noord-Brabant, Dienst WMV m.m.v. Dienst RNV.
- Herk, C.M. van, 1997. Monitoring van ammoniak met korstmossen in Groningen. LON in opdracht van Provincie Groningen, dienst Ruimte en Milieu.
- Herk, C.M. van, 1998. 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, 1999. Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in the Netherlands. *Lichenologist* 31: 9-20.
- 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 ammoniak met korstmossen in Overijssel in 1999. Basisrapport. LON in opdracht van Provincie Overijssel.
- Herk, C.M. van, 2004. Korstmossen in Gelderland: milieuindicatie, natuurwaarde, veranderingen 1990-2002. LON in opdracht van Provincie Gelderland.
- Herk, C.M. van, 2006. Korstmossen in Overijssel: milieuindicatie, natuurwaarde, veranderingen 1989-2005. LON in opdracht van Provincie Overijssel.
- Herk, C.M. van, 2015. Monitoring van korstmossen in de provincie Overijssel, 1989-2015. LON in opdracht van Provincie Overijssel.
- Herk, C.M. van, 2017. Monitoring van korstmossen in de provincie Drenthe, 1991-2016. LON in opdracht van Provincie Drenthe.
- Herk, C.M. van, 2019a. Monitoring van korstmossen in de provincie Utrecht, 1979-2018. LON in opdracht van Provincie Utrecht.
- Herk, C.M. van, 2019b. Teloorgang van epifyten in de bossen op de Utrechtse Heuvelrug. Buxbaumiella 115: 14-22.
- Herk, C.M. van, 2019c. Monitoring van korstmossen in de provincie Zeeland, 1997-2019. LON in opdracht van Provincie Zeeland.
- 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 & L. Sparrius, 2017. Veldgids Korstmossen. KNNV Uitgeverij, Zeist.
- Kolk, H-J. van der, L. Sparrius & A. Aptroot, 2020. Monitoring van ammoniak met korstmossen in Friesland 2019. BLWG in opdracht van Provincie Friesland. Rapport nr. 26.
- 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.
- Knaap, W.O. van der & H.F. van Dobben, 1987. Veranderingen in de epifytenflora van Rijnmond sinds 1972. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum. RIN-rapport 87/1.
- Nash III, T.H. (ed.), 1996. Lichen Biology. Cambridge University Press.
- RIVM, 2019. Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden, zie: <https://man.rivm.nl/>
- Sparrius, L.B., A. Aptroot & C.M. van Herk, 2015. Ecologische indicatiewaarden voor korstmossen en een vergelijking met mossen en vaatplanten. Buxbaumiella 104: 18-24.
- Sutton, M.A., N. van Dijk, P.E. Levy, M.R. Jones, I.D. Leith, L.J. Sheppard, S. Leeson, Y.S. Tang, A. Stephens, C.F. Braban, U. Dragosits, C.M. Howard, M. Veno, D. Fowler, P. Corbett, M.I. Naikoo, S. Munzi, C.J. Ellis, S. Chatterjee, C.E. Steadman, A. Moring & P.A. Wolseley, 2020. Alkaline air: changing perspectives on nitrogen and air pollution in an ammonia-rich world. Philosophical Transactions A378, The Royal Society Publishing.
- Wichink Kruit, R.J., R. Hoogerbrugge, F.J. Sauter, W.J. de Vries & W.A.J. van Pul, 2018. Ontwikkelingen in emissies en concentraties van ammoniak in Nederland tussen 2005 en 2016. RIVM Rapport 2018-0163.
- Wirth, V., 2010. Ecological indicator values of lichens - enlarged and updated species list. Herzogia 23: 229-248.
- Wit, T. de, 1976. Epiphytic Lichens and Air Pollution in The Netherlands. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Verhandeling 8, Leersum.
- Wereld Natuur Fonds, 2020. Living Planet Report Nederland. Natuur en landbouw verbonden. WNF, Zeist.

Bijlage 1. Aangetroffen soorten korstmossen in de 330 herhaalde meetpunten van 2020 en de bijbehorende data van dezelfde meetpunten uit 2005 en 2015. Gegeven is het aantal waarnemingen (n) per soort in 2005 en 2020, en de percentages (%) in 2005, 2015 en 2020.

wetenschappelijke naam	n2005	n2020	%2005	%2015	%2020	Nederlandse naam
Alyxoria culmigena	2	22	0,6	3,9	6,7	Rivierschriftmos
Alyxoria viridipruinosa	6	42	1,8	7,2	12,7	Limoenschriftmos
Amandinea punctata	320	319	97,0	98,9	96,7	Vliegenstrontjesmos
Anaptychia ciliaris	0	1	0,0	0,6	0,3	Wimpermos
Anisomeridium bifforme	0	3	0,0	1,1	0,9	Stinzenkorst
Anisomeridium polypori	1	2	0,3	0,0	0,6	Schoorsteentje
Arthonia atra	4	2	1,2	0,0	0,6	Zwart schriftmos
Arthonia didyma	0	1	0,0	0,0	0,3	Beukenvlekje
Arthonia muscigena	0	0	0,0	0,6	0,0	Knotwilgkorst
Arthonia radiata	20	43	6,1	11,7	13,0	Amoebekorst
Arthonia spadicea	13	55	3,9	13,9	16,7	Inktspatkorst
Athallia holocarpa	3	6	0,9	3,3	1,8	Muurzonnetje
Bacidina adastrum + B. sulphurella	243	232	73,6	73,9	70,3	Fijne knoopjeskorst
Bacidina caligans	0	0	0,0	0,6	0,0	Kalkknoopjeskorst
Bacidina chlorotica	0	0	0,0	0,0	0,0	Gladde knoopjeskorst
Bacidina neosquamulosa	29	10	8,8	3,9	3,0	Nieuwe knoopjeskorst
Buellia griseovirens	120	107	36,4	48,3	32,4	Grijsgroene stofkorst
Calicium viride	8	6	2,4	2,8	1,8	Groen boomspijkertje
Caloplaca obscura	19	53	5,8	17,8	16,1	Gewone kraterkorst
Candelaria concolor	156	283	47,3	79,4	85,8	Vals dooiermos
Candelariella aurella	1	0	0,3	0,0	0,0	Kleine geelkorst
Candelariella reflexa	264	267	80,0	80,0	80,9	Poedergeelkorst
Candelariella vitellina	100	134	30,3	35,6	40,6	Grove geelkorst
Candelariella xanthostigma	207	261	62,7	76,1	79,1	Fijne geelkorst
Catillaria nigroclavata	1	171	0,3	41,1	51,8	Boomrookkorst
Chaenotheca chlorella	0	0	0,0	0,6	0,0	Klein schorssteeltje
Chaenotheca chrysocephala	1	2	0,3	0,6	0,6	Geel schorssteeltje
Chaenotheca ferruginea	20	11	6,1	3,9	3,3	Roestbruin schorssteeltje
Chaenotheca furfuracea	0	0	0,0	0,6	0,0	Lichtend schorssteeltje
Chaenotheca hispidula	1	2	0,3	0,6	0,6	Kort schorssteeltje
Chaenotheca stemonea	4	4	1,2	1,7	1,2	Stoffig schorssteeltje
Chaenotheca trichialis	23	24	7,0	7,8	7,3	Grijs schorssteeltje
Chrysothrix candelaris	1	1	0,3	0,6	0,3	Gele poederkorst
Cladonia caespiticia	4	5	1,2	1,1	1,5	Greppelblaadje
Cladonia chlorophaea	23	15	7,0	4,4	4,5	Fijn bekermos
Cladonia coniocraea	6	3	1,8	0,6	0,9	Smal bekermos
Cladonia digitata	1	0	0,3	0,0	0,0	Vertakt bekermos
Cladonia fimbriata	73	99	22,1	26,1	30,0	Kopjes-bekermos
Cladonia floerkeana	1	0	0,3	0,6	0,0	Rode heidelucifer

wetenschappelijke naam	n2005	n2020	%2005	%2015	%2020	Nederlandse naam
<i>Cladonia glauca</i>	1	1	0,3	0,0	0,3	Bruin heidestaartje
<i>Cladonia grayi</i>	0	0	0,0	0,0	0,0	Bruin bekermos
<i>Cladonia macilentia</i>	10	6	3,0	2,8	1,8	Dove heidelucifer
<i>Cladonia polydactyla</i>	1	0	0,3	0,0	0,0	Sterheidestaartje
<i>Cladonia ramulosa</i>	1	0	0,3	0,0	0,0	Rafelig bekermos
<i>Cliostomum griffithii</i>	23	30	7,0	8,9	9,1	Gespikkelde witkorst
<i>Coenogonium pineti</i>	41	43	12,4	9,4	13,0	Valse knoopjeskorst
<i>Dendrographa decolorans</i>	21	71	6,4	17,2	21,5	Purperkring
<i>Diploicia canescens</i>	39	91	11,8	20,0	27,6	Kauwgommos
<i>Evernia prunastri</i>	133	65	40,3	29,4	19,7	Eikenmos
<i>Fellhanera bouteillei</i>	5	1	1,5	0,0	0,3	Twijgdruppelkorst
<i>Fellhanera subtilis</i>	3	0	0,9	0,0	0,0	Schaduwdruppelkorst
<i>Fellhanera viridisorediata</i>	30	21	9,1	6,1	6,4	Gewone druppelkorst
<i>Flavoparmelia caperata</i>	55	53	16,7	22,2	16,1	Bosschildmos
<i>Flavoparmelia soredians</i>	30	56	9,1	17,8	17,0	Groen boomschildmos
<i>Flavoplaca flavocitrina</i>	1	1	0,3	0,0	0,3	Valse citroenkorst
<i>Flavopunctelia flaventior</i>	1	1	0,3	0,6	0,3	Oosters schildmos
<i>Haematomma ochroleucum</i>	18	23	5,5	6,1	7,0	Witgerande stofkorst
<i>Halecania viridescens</i>	21	9	6,4	9,4	2,7	Porceleinkorst
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	161	309	48,8	86,7	93,6	Dun schaduwmos
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	13	9	3,9	2,2	2,7	Gewoon schubjesmos
<i>Hypogymnia physodes</i>	42	11	12,7	7,8	3,3	Gewoon schorsmos
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	15	7	4,5	2,8	2,1	Witkopschorsmos
<i>Hypotrachyna revoluta</i>	46	61	13,9	20,0	18,5	(Grof)gebogen schildmos
<i>Imshaugia aleurites</i>	0	0	0,0	0,0	0,0	Dennenmos
<i>Jamesiella anastomosans</i>	23	23	7,0	5,6	7,0	Aspergekorst
<i>Lecanactis abietina</i>	0	0	0,0	0,0	0,0	Maleboskorst
<i>Lecania cyrtella</i>	0	1	0,0	0,0	0,3	Boomglimschotelkje
<i>Lecania naegelii</i>	0	2	0,0	0,0	0,6	Rookglimschotelkje
<i>Lecania rabenhorstii</i>	0	0	0,0	0,6	0,0	Steenglmschotelkje
<i>Lecanora aitema</i>	0	0	0,0	0,0	0,0	Dennenschotelkorst
<i>Lecanora argentata</i>	5	7	1,5	2,8	2,1	Bosschotelkorst
<i>Lecanora barkmaniana</i>	106	214	32,1	69,4	64,8	Ammoniakschotelkorst
<i>Lecanora carpinea</i>	115	141	34,8	42,2	42,7	Melige schotelkorst
<i>Lecanora chlarotera</i>	256	302	77,6	90,6	91,5	Witte schotelkorst
<i>Lecanora compallens</i>	191	248	57,9	80,0	75,2	Miskende schotelkorst
<i>Lecanora confusa</i>	0	0	0,0	0,0	0,0	Twijgshotelkorst
<i>Lecanora conizaeoides</i>	14	2	4,2	0,6	0,6	Groene schotelkorst
<i>Lecanora dispersa</i>	85	96	25,8	23,9	29,1	Verborgen schotelkorst
<i>Lecanora expallens</i>	324	322	98,2	99,4	97,6	Bleekgroene schotelkorst
<i>Lecanora hagenii</i>	133	53	40,3	32,2	16,1	Kleine schotelkorst
<i>Lecanora horiza</i>	1	7	0,3	1,1	2,1	Donkere schotelkorst
<i>Lecanora intumescens</i>	0	1	0,0	0,6	0,3	Golvende schotelkorst

wetenschappelijke naam	n2005	n2020	%2005	%2015	%2020	Nederlandse naam
<i>Lecanora muralis</i>	5	9	1,5	3,9	2,7	Muurschotelkorst
<i>Lecanora pulicaris</i>	48	14	14,5	12,8	4,2	Eikenschotelkorst
<i>Lecanora saligna</i>	8	6	2,4	2,8	1,8	Houtschotelkorst
<i>Lecanora sinuosa</i>	13	18	3,9	3,9	5,5	Bochtige schotelkorst
<i>Lecanora subcarpineae</i>	1	5	0,3	0,6	1,5	Berijpte schotelkorst
<i>Lecanora symmicta</i>	52	13	15,8	15,0	3,9	Bolle schotelkorst
<i>Lecidella elaeochroma</i>	270	306	81,8	93,3	92,7	Gewoon purperschaaltje
<i>Lecidella flavosorediata</i>	121	115	36,7	51,1	34,8	Fijne mosterdkorst
<i>Lecidella scabra</i>	70	89	21,2	27,2	27,0	Grijsgroene steenkorst
<i>Lecidella stigmathea</i>	8	4	2,4	5,6	1,2	Steenpurperschaaltje
<i>Lepraria finkii</i>	10	31	3,0	2,8	9,4	Gelobde poederkorst
<i>Lepraria incana</i>	263	279	79,7	82,2	84,5	Gewone poederkorst
<i>Lepraria rigidula</i>	0	15	0,0	4,4	4,5	Grove poederkorst
<i>Lepraria umbricola</i>	0	2	0,0	0,6	0,6	Boomvoetpoederkorst
<i>Lepraria vouauxii</i>	0	1	0,0	0,0	0,3	Bleke poederkorst
<i>Melanelixia glabrata</i>	35	70	10,6	18,3	21,2	Glanzend schildmos
<i>Melanelixia subargentifera</i>	0	1	0,0	0,6	0,3	Behaard schildmos
<i>Melanelixia subaurifera</i>	250	215	75,8	74,4	65,2	Verstop-schildmos
<i>Melanohalea elegantula</i>	30	75	9,1	22,2	22,7	Sierlijk schildmos
<i>Melanohalea exasperata</i>	0	0	0,0	0,0	0,0	Papilleus schildmos
<i>Melanohalea exasperatula</i>	66	62	20,0	22,8	18,8	Lepelschildmos
<i>Melanohalea laciniatula</i>	4	13	1,2	3,9	3,9	Lobjesschildmos
<i>Micarea adnata</i>	0	1	0,0	0,0	0,3	Zittend trossoogje
<i>Micarea denigrata</i>	1	0	0,3	0,0	0,0	Vulkaanoogje
<i>Micarea micrococca</i>	19	19	5,8	3,9	5,8	Bosoogje
<i>Micarea misella</i>	0	1	0,0	0,0	0,3	Steeleoogje
<i>Micarea nitschkeana</i>	0	0	0,0	0,0	0,0	Takkenoogje
<i>Micarea prasina</i>	4	3	1,2	0,0	0,9	Houtoogje
<i>Micarea viridileprosa</i>	0	8	0,0	0,0	2,4	Groenoogje
<i>Normandina pulchella</i>	3	21	0,9	2,8	6,4	Hamsteroortje
<i>Ochrolechia androgyna</i>	8	6	2,4	4,4	1,8	Gewone tandpastakorst
<i>Ochrolechia microstictoides</i>	0	0	0,0	0,0	0,0	Bostandpastakorst
<i>Ochrolechia turneri</i>	1	1	0,3	0,6	0,3	Valse kringkorst
<i>Opegrapha niveoatra</i>	13	52	3,9	13,9	15,8	Klein schriftmos
<i>Opegrapha vermicellifera</i>	3	4	0,9	1,1	1,2	Gestippeld schriftmos
<i>Opegrapha vulgata</i>	0	1	0,0	0,6	0,3	Wit schriftmos
<i>Pachnolepia pruinata</i>	1	3	0,3	1,1	0,9	Aspirinekorst
<i>Parmelia saxatilis</i>	20	20	6,1	6,1	6,1	Blauwgrijs steenschildmos
<i>Parmelia sulcata</i>	300	274	90,9	90,6	83,0	Gewoon schildmos
<i>Parmelina tiliacea</i>	2	8	0,6	0,6	2,4	Lindeschildmos
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	5	3	1,5	1,7	0,9	Avocadomos
<i>Parmotrema perlatum</i>	48	61	14,5	18,9	18,5	Groot schildmos
<i>Parmotrema pseudoreticulatum</i>	0	1	0,0	0,6	0,3	Gewimperd schildmos

wetenschappelijke naam	n2005	n2020	%2005	%2015	%2020	Nederlandse naam
<i>Pertusaria albescent</i>	7	9	2,1	2,8	2,7	Witte kringkorst
<i>Pertusaria amara</i>	5	4	1,5	2,2	1,2	Ananaskorst
<i>Pertusaria coccodes</i>	22	27	6,7	8,3	8,2	Bleek speldenkussentje
<i>Pertusaria pertusa</i>	14	13	4,2	4,4	3,9	Gewoon speldenkussentje
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	8	0	2,4	0,6	0,0	Klein schaduwmos
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	198	167	60,0	52,8	50,6	Rond schaduwmos
<i>Phlyctis argena</i>	37	44	11,2	14,4	13,3	Lichtvlekje
<i>Physcia adscendens</i>	289	316	87,6	92,8	95,8	Kapjesvingermos
<i>Physcia aipolia</i>	0	0	0,0	0,6	0,0	Gemarmerd vingermos
<i>Physcia caesia</i>	169	115	51,2	44,4	34,8	Stoeprandvingermos
<i>Physcia clementei</i>	4	32	1,2	6,7	9,7	Isidieus vingermos
<i>Physcia dubia</i>	77	58	23,3	16,7	17,6	Bleek vingermos
<i>Physcia leptalea</i>	1	0	0,3	0,0	0,0	Stekelig vingermos
<i>Physcia stellaris</i>	5	3	1,5	0,6	0,9	Groot vingermos
<i>Physcia tenella</i>	286	178	86,7	73,3	53,9	Heksenvingermos
<i>Physcia tribacioides</i>	3	5	0,9	1,7	1,5	Witkopvingermos
<i>Physconia distorta</i>	2	5	0,6	1,1	1,5	Fors rijpmos
<i>Physconia enteroxantha</i>	8	11	2,4	1,7	3,3	Donker rijpmos
<i>Physconia grisea</i>	59	137	17,9	36,7	41,5	Grauw rijpmos
<i>Placynthiella dasaea</i>	5	2	1,5	0,6	0,6	Okerbruine veenkorst
<i>Placynthiella icmalea</i>	22	6	6,7	2,2	1,8	Bruine veenkorst
<i>Platismatia glauca</i>	5	2	1,5	1,1	0,6	Groot boerenkoolmos
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	57	51	17,3	17,2	15,5	Olijf-schildmos
<i>Polycauliona candelaria</i>	217	100	65,8	47,8	30,3	Kroezig dooiermos
<i>Polycauliona phlogina</i>	0	1	0,0	0,0	0,3	Gewone citroenkorst
<i>Polycauliona polycarpa</i>	306	194	92,7	82,8	58,8	Klein dooiermos
<i>Protoparmelia hypotremella</i>	13	7	3,9	3,9	2,1	Grijze spijkerdrager
<i>Protoparmelia oleagina</i>	8	2	2,4	1,7	0,6	Bruine spijkerdrager
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	6	1	1,8	0,6	0,3	Purper geweimos
<i>Pseudoschismatomma rufescens</i>	58	288	17,6	82,8	87,3	Verzonken schriftmos
<i>Psilolechia lucida</i>	0	0	0,0	0,0	0,0	UV-mos
<i>Punctelia borrieri</i>	29	98	8,8	15,0	29,7	Witstippelschildmos
<i>Punctelia jeckeri</i>	122	105	37,0	38,3	31,8	Rijpschildmos
<i>Punctelia subrudecta</i>	182	182	55,2	64,4	55,2	Gestippeld schildmos
<i>Pyrrhospora quernea</i>	64	72	19,4	23,3	21,8	Grove mosterdkorst
<i>Ramalina canariensis</i>	0	4	0,0	1,1	1,2	Breed takmos
<i>Ramalina farinacea</i>	199	193	60,3	63,9	58,5	Melig takmos
<i>Ramalina fastigiata</i>	72	55	21,8	20,0	16,7	Trompettakmos
<i>Ramalina fraxinea</i>	1	2	0,3	0,6	0,6	Groot takmos
<i>Ramalina lacera</i>	0	1	0,0	0,0	0,3	Waaiertakmos
<i>Ramalina pollinaria</i>	1	1	0,3	0,6	0,3	Sierlijk takmos
<i>Rinodina oleae</i>	0	2	0,0	0,0	0,6	Donkerbruine schotelkorst
<i>Rinodina pityrea</i>	0	0	0,0	0,6	0,0	Blauwe mosterdkorst

wetenschappelijke naam	n2005	n2020	%2005	%2015	%2020	Nederlandse naam
<i>Sporodophoron cretaceum</i>	0	1	0,0	0,0	0,3	Witkring
<i>Strangospora pinicola</i>	20	5	6,1	3,3	1,5	Gewoon muggenstrontjesmos
<i>Trapeliopsis flexuosa</i>	0	1	0,0	0,0	0,3	Blauwe veenkorst
<i>Trapeliopsis granulosa</i>	3	4	0,9	1,1	1,2	Lichte veenkorst
<i>Tuckermanopsis chlorophylla</i>	0	0	0,0	0,0	0,0	Bruin boerenkoolmos
<i>Usnea hirta</i>	1	0	0,3	0,0	0,0	Bleek baardmos
<i>Varicellaria hemisphaerica</i>	1	0	0,3	0,0	0,0	Boskringkorst
<i>Violella fucata</i>	1	2	0,3	0,6	0,6	Trilzwamkorst
<i>Xanthoparmelia verruculifera</i>	1	1	0,3	0,6	0,3	Wrattig schildmos
<i>Xanthoria calcicola</i>	1	9	0,3	2,8	2,7	Oranje dooiermos
<i>Xanthoria parietina</i>	320	325	97,0	99,4	98,5	Groot dooiermos

Bijlage 2. Trends van alle aangetroffen soorten korstmossen, zoals deze met monitoring over de periode 1989 - 2000 zijn vastgesteld. De gegeven getallen betreffen percentages meetpunten waarin de betreffende soort aanwezig is.

wetenschappelijke naam	1989	1994	1999	2005	2015	2020	Nederlandse naam
Alyxoria culmigena	0,0	0,0	0,0	0,2	1,4	2,2	Rivierschriftmos
Alyxoria viridipruinosa	0,0	0,0	0,1	1,2	7,3	12,1	Limoenschriftmos
Amandinea punctata	93,7	94,2	94,6	95,3	95,8	95,0	Vliegenstrontjesmos
Anaptychia ciliaris	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	Wimpermos
Anisomeridium biforme	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,9	Stinzenkorst
Anisomeridium polypori	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,6	Schoorsteentje
Arthonia atra	0,0	0,4	0,4	0,8	0,0	0,4	Zwart schriftmos
Arthonia didyma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	Beukenvlekje
Arthonia muscigena	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	Knotwilgkorst
Arthonia radiata	1,8	3,0	3,7	4,9	10,3	10,5	Amoebekorst
Arthonia spadicea	0,0	1,7	3,2	7,4	19,1	31,3	Inktspatkorst
Athallia holocarpa	0,0	0,2	2,0	0,9	3,7	1,8	Muurzonnetje
Bacidina adastrum + B. sulphurella	25,0	52,1	63,1	72,2	70,6	68,9	Fijne knoopjeskorst
Bacidina caligans	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	Kalkknoopjeskorst
Bacidina chlorotica	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	Gladde knoopjeskorst
Bacidina neosquamulosa	0,0	0,0	3,6	8,6	5,5	3,0	Nieuwe knoopjeskorst
Buellia griseovirens	32,6	34,9	35,2	39,2	44,9	35,0	Grijsgroene stofkorst
Calicium viride	0,0	0,3	0,7	1,4	1,4	1,1	Groen boomspijkertje
Caloplaca obscura	0,0	0,4	0,7	3,7	9,1	10,3	Gewone kraterkorst
Candelaria concolor	3,2	4,8	22,7	44,2	68,0	80,2	Vals dooiermos
Candelariella aurella	0,0	0,6	0,9	0,6	0,0	0,0	Kleine geelkorst
Candelariella reflexa	23,6	47,1	69,7	74,1	72,6	74,9	Poedergeelkorst
Candelariella vitellina	19,8	23,0	31,6	29,3	36,1	39,3	Grove geelkorst
Candelariella xanthostigma	13,8	21,5	47,4	57,6	66,3	72,6	Fijne geelkorst
Catillaria nigroclavata	0,0	0,0	0,0	0,3	41,4	51,8	Boommookkorst
Chaenotheca chlorella	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	Klein schorssteeltje
Chaenotheca chrysocephala	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,6	Geel schorssteeltje
Chaenotheca ferruginea	5,7	8,5	5,8	5,8	4,1	3,2	Roestbruin schorssteeltje
Chaenotheca furfuracea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	Lichtend schorssteeltje
Chaenotheca hispidula	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	Kort schorssteeltje
Chaenotheca stemonea	0,2	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	Stoffig schorssteeltje
Chaenotheca trichialis	1,0	2,0	4,9	7,5	10,5	7,8	Grijs schorssteeltje
Chrysothrix candelaris	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	Gele poederkorst
Cladonia caespiticia	0,0	0,3	0,3	0,6	1,2	0,8	Greppelblaadje
Cladonia chlorophaea	2,0	5,0	6,8	7,3	5,8	4,8	Fijn bekermos
Cladonia coniocraea	7,3	7,6	4,7	1,6	2,2	0,8	Smal bekermos
Cladonia digitata	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	Vertakt bekermos
Cladonia fimbriata	7,0	8,8	14,2	21,0	26,0	28,5	Kopjes-bekermos
Cladonia floerkeana	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	Rode heidelucifer
Cladonia glauca	0,0	0,1	0,3	0,3	0,0	0,3	Bruin heidestaartje
Cladonia grayi	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	Bruin bekermos
Cladonia macilenta	0,0	0,0	0,7	2,1	2,6	1,3	Dove heidelucifer
Cladonia polydactyla	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	Sterheidestaartje

wetenschappelijke naam	1989	1994	1999	2005	2015	2020	Nederlandse naam
<i>Cladonia ramulosa</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	Rafelig bekermos
<i>Cliostomum griffithii</i>	3,0	5,7	6,1	6,6	8,1	8,6	Gespikkelde witkorst
<i>Coenogonium pineti</i>	3,6	7,1	10,2	13,5	16,4	14,2	Valse knoopjeskorst
<i>Dendrographa decolorans</i>	2,5	4,6	5,8	7,1	15,7	24,0	Purperkring
<i>Diploicia canescens</i>	1,4	1,7	5,3	11,3	17,7	26,4	Kauwgommos
<i>Evernia prunastri</i>	58,0	49,9	48,0	39,4	24,3	19,3	Eikenmos
<i>Fellhanera boutillei</i>	0,0	0,5	1,7	1,3	0,2	0,3	Twijgdruppelkorst
<i>Fellhanera subtilis</i>	0,0	0,2	1,1	1,7	0,6	0,0	Schaduwdruppelkorst
<i>Fellhanera viridisorediata</i>	0,0	1,0	2,9	7,6	6,4	5,3	Gewone druppelkorst
<i>Flavoparmelia caperata</i>	8,8	5,5	9,9	13,4	15,8	12,9	Bosschildmos
<i>Flavoparmelia soledians</i>	0,0	1,6	6,7	7,6	12,2	14,2	Groen boomschildmos
<i>Flavoplaca flavocitrina</i>	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	Valse citroenkorst
<i>Flavopunctelia flaventior</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	Oosters childmos
<i>Haematomma ochroleucum</i>	5,5	5,5	6,0	6,3	6,3	8,1	Witgerande stofkorst
<i>Halecania viridescens</i>	0,0	0,4	6,0	4,2	5,1	1,8	Porceleinkorst
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	0,0	2,1	10,6	43,3	73,4	83,1	Dun schaduwmos
<i>Hypocnomyce scalaris</i>	11,2	6,3	4,7	3,9	2,0	2,7	Gewoon schubjesmos
<i>Hypogymnia physodes</i>	39,6	18,2	14,3	10,0	5,2	2,6	Gewoon schorsmos
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	4,5	3,0	3,5	3,7	2,3	1,7	Witkopschorsmos
<i>Hypotrachyna revoluta</i>	1,2	5,0	9,9	11,2	14,4	14,9	(Grof)gebogen schildmos
<i>Imshaugia aleurites</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	Dennenmos
<i>Jamesiella anastomosans</i>	0,0	3,5	5,2	6,1	7,2	6,1	Aspergekorst
<i>Lecanactis abietina</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	Maleboskorst
<i>Lecania cyrtella</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	Boomglimschotelkje
<i>Lecania naegelii</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	Rookglimschotelkje
<i>Lecania rabenhorstii</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	Steenglimschotelkje
<i>Lecanora aitema</i>	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	Dennenschotelkorst
<i>Lecanora argentata</i>	0,6	0,6	1,3	1,6	2,7	2,2	Bosschotelkorst
<i>Lecanora barkmaniana</i>	0,0	1,5	9,6	26,0	49,2	52,5	Ammoniakschotelkorst
<i>Lecanora carpinea</i>	18,5	29,9	31,8	34,2	40,0	41,9	Melige schotelkorst
<i>Lecanora chlarotera</i>	55,7	59,6	63,7	76,8	88,2	90,6	Witte schotelkorst
<i>Lecanora compallens</i>	5,0	20,0	45,5	58,1	78,9	75,4	Miskende schotelkorst
<i>Lecanora confusa</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	Twijgshotelkorst
<i>Lecanora conizaeoides</i>	48,5	25,5	10,6	4,3	0,7	0,6	Groene schotelkorst
<i>Lecanora dispersa</i>	19,2	21,5	23,4	23,2	22,7	26,2	Verborgen schotelkorst
<i>Lecanora expallens</i>	97,3	97,8	98,1	97,9	99,0	97,3	Bleekgroene schotelkorst
<i>Lecanora hagenii</i>	6,3	27,5	38,1	35,9	26,0	14,3	Kleine schotelkorst
<i>Lecanora horiza</i>	0,1	0,2	0,1	0,6	1,2	2,4	Donkere schotelkorst
<i>Lecanora intumescens</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	Golvende schotelkorst
<i>Lecanora muralis</i>	0,6	0,6	1,1	1,1	1,9	2,0	Muurschotelkorst
<i>Lecanora pulicaris</i>	14,4	13,2	19,2	15,0	10,8	4,4	Eikenschotelkorst
<i>Lecanora saligna</i>	2,8	4,2	3,3	2,4	2,0	1,8	Houtschotelkorst
<i>Lecanora sinuosa</i>	0,5	1,0	2,1	2,9	4,0	4,0	Bochtige schotelkorst
<i>Lecanora subcarpinea</i>	0,0	0,3	0,8	1,2	1,2	2,4	Berijpte schotelkorst
<i>Lecanora symmicta</i>	32,5	28,3	22,1	15,3	12,2	3,8	Bolle schotelkorst
<i>Lecidella elaeochroma</i>	27,2	52,3	64,4	78,8	88,3	89,3	Gewoon purperschaaltje
<i>Lecidella flavosorediata</i>	7,0	19,3	31,6	33,2	37,7	31,6	Fijne mosterdkorst

wetenschappelijke naam	1989	1994	1999	2005	2015	2020	Nederlandse naam
<i>Lecidella scabra</i>	0,0	2,9	10,2	18,7	23,5	23,8	Grijsgroene steenkorst
<i>Lecidella stigmatea</i>	0,0	0,0	0,0	2,5	4,2	1,3	Steenpurperschaaltje
<i>Lepraria finkii</i>	0,0	0,5	1,9	2,9	5,1	9,0	Gelobde poederkorst
<i>Lepraria incana</i>	73,5	73,5	78,3	84,0	87,5	89,1	Gewone poederkorst
<i>Lepraria rigidula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	4,5	Grove poederkorst
<i>Lepraria umbricola</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	0,8	Boomvoetpoederkorst
<i>Lepraria vouauxii</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	Bleke poederkorst
<i>Melanelixia glabrata</i>	1,3	3,5	6,8	10,6	18,4	21,2	Glanzend schildmos
<i>Melanelixia subargentifera</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	Behaard schildmos
<i>Melanelixia subaurifera</i>	60,5	65,6	70,5	72,7	67,2	62,5	Verstop-schildmos
<i>Melanohalea elegantula</i>	2,5	5,3	9,7	10,2	21,5	25,5	Sierlijk schildmos
<i>Melanohalea exasperata</i>	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	Papilleus schildmos
<i>Melanohalea exasperatula</i>	8,5	9,0	13,0	17,0	17,4	16,0	Lepelschildmos
<i>Melanohalea laciniatula</i>	1,1	1,1	1,7	1,7	3,9	4,4	Lobjesschildmos
<i>Micarea adnata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	Zittend trossoogje
<i>Micarea denigrata</i>	0,0	0,1	0,4	0,4	0,0	0,0	Vulkaanogje
<i>Micarea micrococca</i>	0,0	1,6	4,7	6,4	6,4	6,4	Bosoogje
<i>Micarea misella</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	Steeleogje
<i>Micarea nitschkeana</i>	0,0	1,2	1,3	0,0	0,0	0,0	Takkenoogje
<i>Micarea prasina</i>	0,0	0,6	3,5	3,5	3,0	2,6	Houtoogje
<i>Micarea viridileprosa</i>	0,0	0,0	0,3	0,3	0,6	2,7	Groenoogje
<i>Normandina pulchella</i>	0,0	0,1	0,1	0,8	2,0	5,6	Hamsteroortje
<i>Ochrolechia androgyna</i>	1,7	2,0	2,4	2,0	2,0	1,5	Gewone tandpastakorst
<i>Ochrolechia microstictoides</i>	0,8	0,8	0,6	0,2	0,1	0,0	Bostandpastakorst
<i>Ochrolechia turneri</i>	0,0	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1	Valse kringkorst
<i>Opegrapha niveoatra</i>	0,0	0,1	1,1	4,4	15,0	17,6	Klein schriftmos
<i>Opegrapha vermicellifera</i>	0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	1,1	Gestippeld schriftmos
<i>Opegrapha vulgata</i>	0,0	0,0	0,3	0,5	1,1	0,8	Wit schriftmos
<i>Pachnolepia pruinata</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	Aspirinekorst
<i>Parmelia saxatilis</i>	4,2	4,2	5,2	5,2	4,8	5,2	Blauwgrijs steenschildmos
<i>Parmelia sulcata</i>	87,1	88,7	89,4	87,5	83,9	79,9	Gewoon schildmos
<i>Parmelina tiliacea</i>	0,3	0,6	0,6	0,3	0,3	1,2	Lindeschildmos
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	2,8	2,8	1,7	1,0	0,8	0,6	Avocadomos
<i>Parmotrema perlatum</i>	0,0	1,5	6,1	11,5	13,5	14,6	Groot schildmos
<i>Parmotrema pseudoreticulatum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	Gewimperd schildmos
<i>Pertusaria albescens</i>	1,2	1,4	1,9	1,7	1,7	2,2	Witte kringkorst
<i>Pertusaria amara</i>	2,5	2,5	2,8	1,9	1,9	1,5	Ananaskorst
<i>Pertusaria coccodes</i>	4,7	6,2	5,8	6,0	6,4	7,4	Bleek speldenkussentje
<i>Pertusaria pertusa</i>	2,3	3,0	3,8	3,8	3,8	3,5	Gewoon speldenkussentje
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	0,0	2,2	2,5	3,0	0,6	0,0	Klein schaduwmos
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	34,9	54,9	60,4	54,8	46,9	46,2	Rond schaduwmos
<i>Phlyctis argena</i>	9,7	11,1	12,3	12,9	14,6	15,3	Lichtvlekje
<i>Physcia adscendens</i>	63,1	79,9	82,8	83,8	86,9	91,6	Kapjesvingermos
<i>Physcia aipolia</i>	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,0	Gemarmerd vingermos
<i>Physcia caesia</i>	42,1	51,5	56,1	49,1	38,1	33,4	Stoeprandvingermos
<i>Physcia clementei</i>	0,0	0,0	0,4	1,0	6,0	9,5	Isidieus vingermos
<i>Physcia dubia</i>	15,3	23,9	24,5	22,9	16,0	17,2	Bleek vingermos

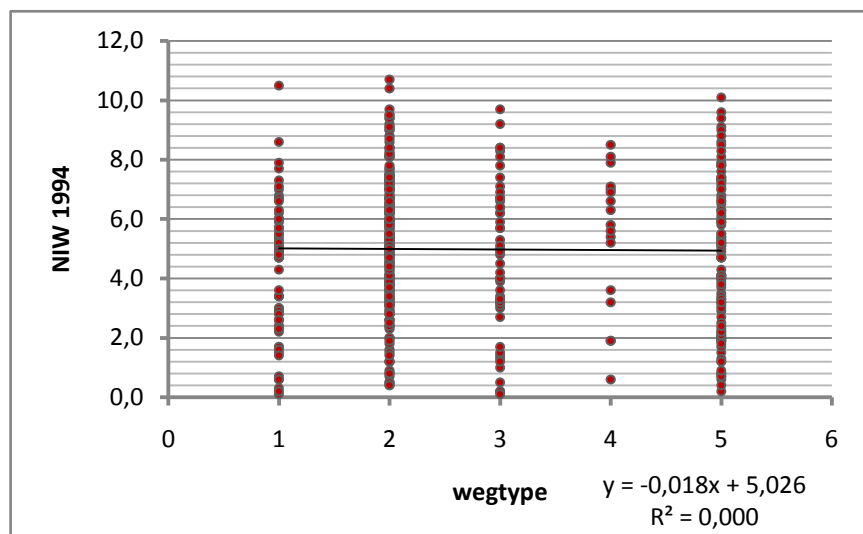
wetenschappelijke naam	1989	1994	1999	2005	2015	2020	Nederlandse naam
<i>Physcia leptalea</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	Stekelig vingermos
<i>Physcia stellaris</i>	0,0	1,6	1,1	0,9	0,3	0,5	Groot vingermos
<i>Physcia tenella</i>	93,8	93,2	94,4	83,7	70,4	52,1	Heksenvingermos
<i>Physcia tribacioides</i>	0,0	0,0	0,1	0,6	1,7	1,0	Witkopvingermos
<i>Physconia distorta</i>	0,0	0,0	0,3	0,8	0,8	1,7	Fors rijpmos
<i>Physconia enteroxantha</i>	0,7	0,7	1,0	2,8	1,7	3,7	Donker rijpmos
<i>Physconia grisea</i>	3,6	5,5	12,7	16,8	30,8	39,0	Grauw rijpmos
<i>Placynthiella dasaea</i>	0,0	1,1	2,4	2,1	0,7	0,8	Okerbruine veenkorst
<i>Placynthiella icmalea</i>	2,1	4,2	2,8	6,6	2,4	1,8	Bruine veenkorst
<i>Platismatia glauca</i>	1,3	1,3	1,0	0,9	0,5	0,4	Groot boerenkoolmos
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	20,0	19,2	19,9	18,6	18,0	16,6	Olijf-schildmos
<i>Polycauliona candelaria</i>	66,7	65,3	74,4	61,3	40,9	28,2	Kroezig dooiermos
<i>Polycauliona phlogina</i>	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	Gewone citroenkorst
<i>Polycauliona polycarpa</i>	93,2	91,0	93,3	89,4	78,8	56,7	Klein dooiermos
<i>Protoparmelia hypotremella</i>	2,3	3,4	3,5	3,5	2,7	1,9	Grijze spijkerdrager
<i>Protoparmelia oleagina</i>	0,8	0,8	1,8	2,0	1,0	0,5	Bruine spijkerdrager
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	4,4	2,2	1,5	1,3	0,3	0,2	Purper geweimos
<i>Pseudoschismatomma rufescens</i>	0,0	0,0	0,1	16,3	75,9	80,9	Verzonken schriftmos
<i>Psilolechia lucida</i>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	UV-mos
<i>Punctelia borrieri</i>	0,0	1,1	5,0	6,3	10,0	21,3	Witstippelschildmos
<i>Punctelia jeckeri</i>	22,7	24,4	31,5	35,2	31,1	30,3	Rijpschildmos
<i>Punctelia subrudecta</i>	27,3	29,5	38,4	51,5	55,8	51,5	Gestippeld schildmos
<i>Pyrrophora quereana</i>	7,0	13,8	18,9	21,9	22,4	24,6	Grove mosterdkorst
<i>Ramalina canariensis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,2	Breed takmos
<i>Ramalina farinacea</i>	45,9	51,1	57,3	60,2	57,2	58,4	Melig takmos
<i>Ramalina fastigiata</i>	20,3	23,1	25,0	25,0	20,5	19,1	Trompettakmos
<i>Ramalina fraxinea</i>	1,5	1,5	1,3	0,7	0,7	1,0	Groot takmos
<i>Ramalina lacera</i>	0,0	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	Waaiertakmos
<i>Ramalina pollinaria</i>	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	Sierlijk takmos
<i>Rinodina oleae</i>	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,6	Donkerbruine schotelkorst
<i>Rinodina pityrea</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	Blauwe mosterdkorst
<i>Sporodophoron cretaceum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	Witkring
<i>Strangospora pinicola</i>	0,0	3,2	5,8	4,7	2,0	1,2	Gew. muggenstrontjesmos
<i>Trapeliopsis flexuosa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	Blauwe veenkorst
<i>Trapeliopsis granulosa</i>	0,9	0,9	1,7	1,2	0,8	1,5	Lichte veenkorst
<i>Tuckermanopsis chlorophylla</i>	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	Bruin boerenkoolmos
<i>Usnea hirta</i>	1,0	0,7	1,0	0,3	0,0	0,0	Bleek baardmos
<i>Varicellaria hemisphaerica</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	Boskringkorst
<i>Violella fucata</i>	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,6	Trilzwamkorst
<i>Xanthoparmelia verruculifera</i>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	Wrattig schildmos
<i>Xanthoria calcicola</i>	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	1,8	Oranje dooiermos
<i>Xanthoria parietina</i>	72,5	83,4	90,8	94,7	95,8	96,2	Groot dooiermos

Bijlage 3. Naamswijzigingen van korstmossen sinds de vorige ronde (2015).

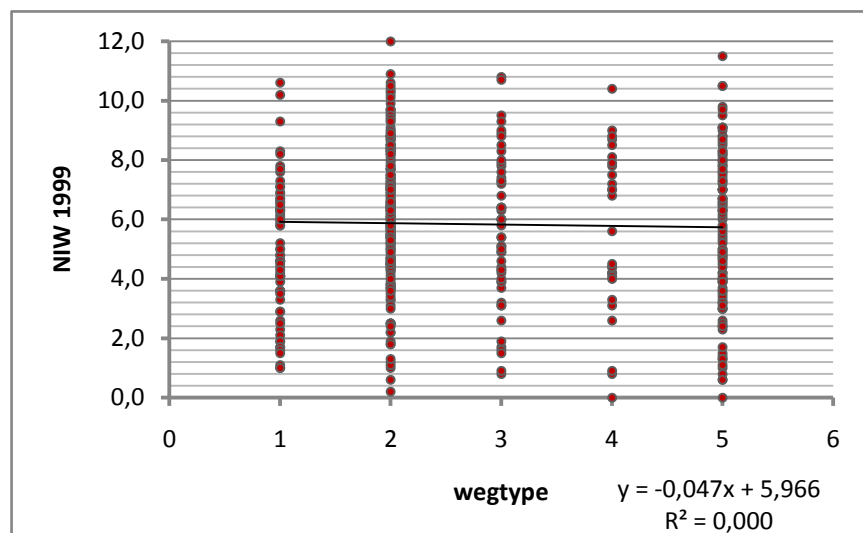
oude wetenschappelijke naam	nieuwe wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
Arthonia pruinata	Pachnolepia pruinata	Aspirinekorst
Bacidia adastrā	Bacidina adastrā	Fijne knoopjeskorst
Bacidia arnoldiana	Bacidina sulphurella	Boomvoetknoopjeskorst
Bacidia caligans	Bacidina caligans	Kalkknoopjeskorst
Bacidia chlorotricula	Bacidina chlorotricula	Gladde knoopjeskorst
Bacidia neosquamulosa	Bacidina neosquamulosa	Nieuwe knoopjeskorst
Caloplaca citrina	Polycauliona phlogina	Gewone citroenkorst
Caloplaca flavocitrina	Flavoplaca flavocitrina	Valse citroenkorst
Caloplaca holocarpa	Athallia holocarpa	Muurzonnetje
Dimerella pineti	Coenogonium pineti	Valse knoopjeskorst
Gyalideopsis anastomosans	Jamesiella anastomosans	Aspergekorst
Hypotrachyna revoluta sl	Hypotrachyna revoluta	Gebogen schildmos
Lecanora hageni	Lecanora hagenii	Kleine schotelkorst
Lepraria lobificans	Lepraria finkii	Gelobde poederkorst
Lepraria vouauxii	Lepraria vouauxii	Bleke poederkorst
Melanelia elegantula	Melanohalea elegantula	Sierlijk schildmos
Melanelia exasperata	Melanohalea exasperata	Papilleus schildmos
Melanelia exasperatula	Melanohalea exasperatula	Lepelschildmos
Melanelia fuliginosa	Melanelixia glabrata	Glanzend schildmos
Melanelia laciniatula	Melanohalea laciniatula	Lobjesschildmos
Melanelia subargentifera	Melanelixia subargentifera	Behaard schildmos
Melanelia subaurifera	Melanelixia subaurifera	Verstop-schildmos
Mycoblastus fucatus	Violella fucata	Trilzwamkorst
Neofuscelia verruculifera	Xanthoparmelia verruculifera	Wrattig schildmos
Opegrapha atra	Arthonia atra	Zwart schriftmos
Opegrapha herbarum	Alyxoria culmigena	Rivierschriftmos
Opegrapha rufescens	Pseudoschismatomma rufescens	Verzonken schriftmos
Opegrapha varia	Alyxoria viridipruinosa	Limoenschriftmos
Parmotrema chinense	Parmotrema perlatus	Groot schildmos
Pertusaria hemisphaerica	Varicellaria hemisphaerica	Boskringkorst
Punctelia ulophylla	Punctelia jeckeri	Rijpschildmos
Rinodina gennarii	Rinodina oleae	Donkerbruine schotelkorst
Schismatomma cretaceum	Sporodophoron cretaceum	Witkring
Schismatomma decolorans	Dendrographa decolorans	Purperkring
Xanthoria candelaria	Polycauliona candelaria	Kroezig dooiermos
Xanthoria polycarpa	Polycauliona polycarpa	Klein dooiermos

Bijlage 4. De NIW in 1994, 1999, 2005, 2015 en 2020 als functie van het type weg waarlangs de monsterpunten gelegen zijn (n= resp. 486, 497, 307, 152 en 248). Uitgevoerd is een lineaire regressie. De hellingshoek van de regressielijn bepaalt welke correctie wordt toegepast op de NIW (zie par. 1.4). Te zien is dat de regressielijn aanvankelijk (1994 en 1999) vlak loopt, stijgt (2005 en 2015), en nu weer iets daalt (2020).

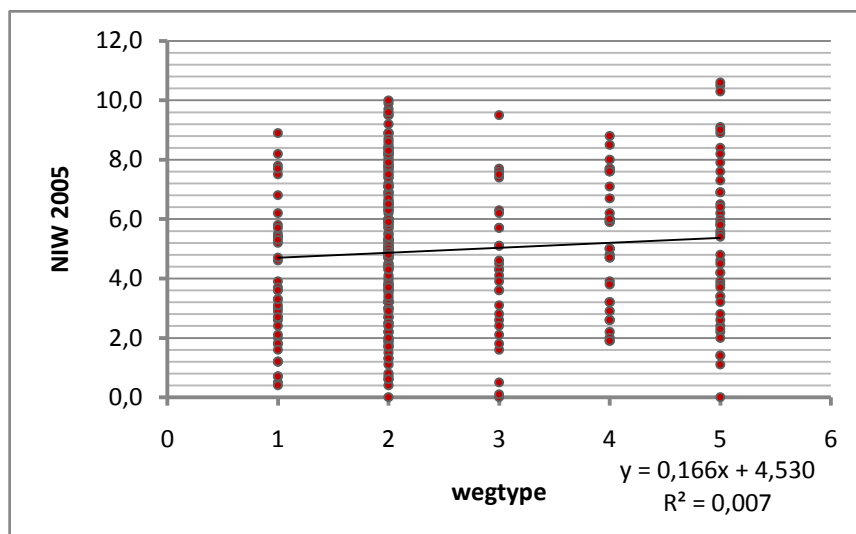
1994



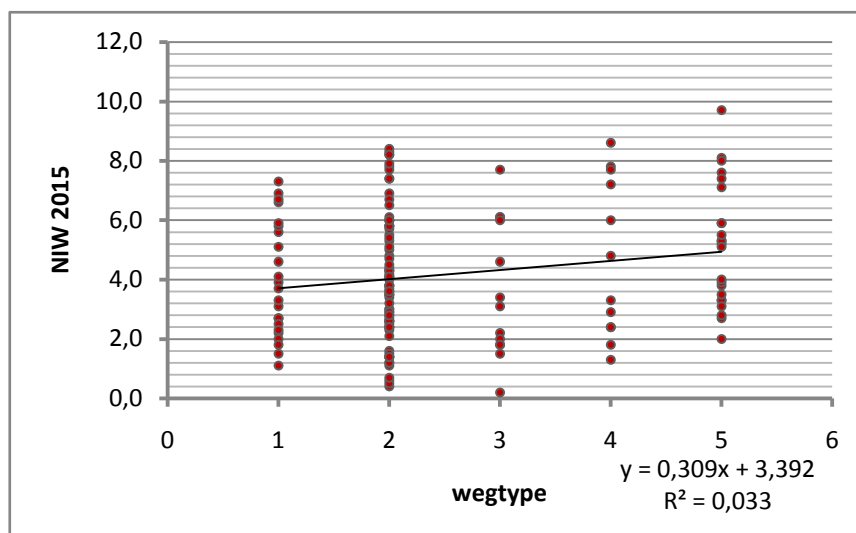
1999



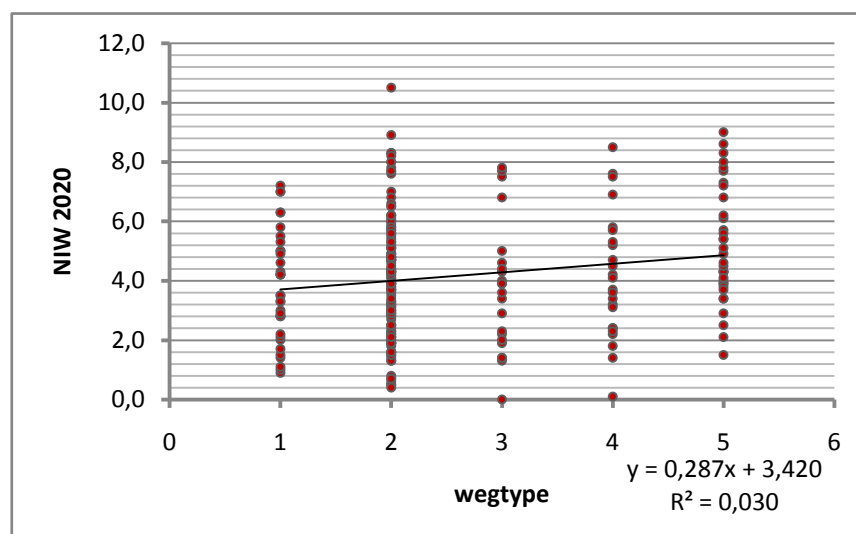
2005



2015



2020



Bijlage 5. 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: 35 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: *Athallia holocarpa*, *Candelariella aurella*, *C. reflexa*, *C. vitellina*, *C. xanthostigma*, *Lecanora dispersa* (inclusief *L. hagenii*), *L. muralis*, *Phaeophyscia nigricans*, *P. orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. caesia*, *P. dubia*, *P. tenella*, *Polycauliona candelaria*, *P. phlogina*, *P. polycarpa*, *Rinodina oleae*, *Xanthoria calcicola* 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 = 7,7 voor de voorbeeldopname (*Candelariella reflexa* 0,8; *C. xanthostigma* 1,0; *Lecanora dispersa* 0,1; *L. hagenii* 0,2 (additioneel); *Phaeophyscia orbicularis* 0,6; *Physcia adscendens* 1,0; *P. caesia* 0,3; *P. tenella* 2,0; *Polycauliona candelaria* 0,2; *P. polycarpa* 0,5; *Xanthoria parietina* 1,0).

Doelmatigheid en bruikbaarheid voor monitoring: zeer goed

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

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 4) bepaalt de grootte van de correctie. Voor 2015 bedraagt deze -0,309 voor landwegen zonder strepen, -0,618 voor landwegen met strepen, -0,927 voor wegen met gescheiden fietspaden, en -1,236 voor provinciale wegen en wegen in de bebouwde kom.

Rekenvoorbeeld: Omdat dit een landweg is zonder strepen (weinig verkeer), wordt de NIW naar beneden bijgesteld tot 7,4 (= 7,7 - 0,3).

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 zuurtegraad 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*, *Tuckermanopsis 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 = 0,8 voor de voorbeeldopname (*Cladonia fimbriata* 0,1; *Lepraria incana* 0,7)

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 van de aan de afzonderlijke soorten toegekende temperatuurgetallen bepaald. Zie Sparrius *et al.* (2015).

Rekenvoorbeeld: Het gemiddelde temperatuurgetal voor de soorten in deze opname bedraagt 5,51.

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 van de aan de afzonderlijke soorten toegekende vochtgetallen cq continentaliteitsgetallen bepaald. Zie Sparrius *et al.* (2015).

Rekenvoorbeeld: Het gemiddelde vochtgetal voor de soorten in deze opname bedraagt 2,54; het gemiddelde continentaliteitsgetal is 4,43.

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

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

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 onderzoeksrunde gevonden is op de stam van de bomen (tot 2 m. hoogte) en op eventuele lage takken (<2 m.). De veranderingen per onderzoeksrunde worden bij voorkeur afgeleid uit alleen gemonitorde meetpunten.

Rekenvoorbeeld: In dit meetpunt zit één Rode Lijst-soort: *Physcia aipolia*. Er zijn 22 RL-soorten vastgesteld voor deze onderzoeksrunde.

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

8. Voorbeeldopname

Deze opname, die tot voorbeeld dient om de bovenstaande graadmeters te kwantificeren, is gemaakt langs de Zwijnenbergerweg, noordoostelijk van Deventer (212,6/479,7, uurhok 27-57) op 29 juni 2015. 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 (5,w), *Bacidina adastrata* (5,w), *B. neosquamulosa* (1,w), *Candelaria concolor* (8,w), *Candelariella reflexa* (8,w), *C. xanthostigma* (10,w), *Catillaria nigroclavata* (5,w), *Cladonia fimbriata* (1,w), *Flavoparmelia caperata* (1,w), *F. soredians* (1,w), *Hyperphyscia adglutinata* (10,w), *Lecanora barkmaniana* (5,w), *L. chlarotera* (7,w), *L. compallens* (6,w), *L. dispersa* (1,w), *L. expallens* (5,w), *L. hagenii* (2,w), *Lecidella elaeochroma* (8,w), *L. flavosorediata* (1,w), *Lepraria incana* (7,w), *Melanelixia subaurifera* (6,w), *Melanohalea exasperatula* (1,w), *Parmelia sulcata* (6,v), *Phaeophyscia orbicularis* (6,w), *Physcia adscendens* (10,w), *P. aipolia* (1,w), *P. caesia* (3,w), *P. tenella* (10,v), *Physconia grisea* (3,w), *P. jeckeri* (2,w), *Punctelia subrudecta* (5,w), *Ramalina farinacea* (4,w), *Polycauliona candelaria* (2,w), *P. polycarpa* (5,w), *Xanthoria parietina* (10,w).

