

# Mosvegetaties in Limburgse kalktufbronnen

*K. van Dort, Leeuweriksweide 186, 6708 LN Wageningen*

*L. van Oirschot-Beerens, De Stappert 27, 5066 MD Moergestel*

*H. Weinreich, Maaslandstraat 14, 6085 CD Horn*

Bronnen zijn zeldzaam in Nederland; kalktufbronnen zijn nóg zeldzamer. Alle kalktufbronnen binnen onze landsgrenzen liggen in het reliëfrijke uiterste zuiden van Limburg. Hier is het grondwater plaatselijk sterk kalkhoudend. Zodra dit bodemvocht aan de oppervlakte verschijnt daalt het kooldioxidegehalte en slaat calciumcarbonaat neer als kalktuf, ook wel travertijn genoemd. Deze kalktuf zet zich af op takken, mossen, kiezels en andere vaste elementen die zich in en rond de bron bevinden. Kalktuf vormt het substraat voor een specifieke flora en fauna. Op basis hiervan worden kalktufbronnen internationaal aangemerkt als bijzonder waardevol. Kalktufbronnen zijn daarom opgenomen in de Europese Habitatrichtlijn als een prioritair habitatype 'Kalktufbronnen met tufsteenformatie (Cratoneurion)', kortweg Kalktufbronnen genoemd (habitatype H7220). Onder meer vanwege het voorkomen van dit habitatype zijn Bunder- en Elsoërbos, Noorbeemden/Hoogbos en Geuldal aangewezen als Natura 2000-gebied. Dit artikel gaat in op de biotische en abiotische kwaliteiten van kalktufbronnen in Zuid-Limburg en op de mosbegroeiing in het bijzonder.

## AANLEIDING ONDERZOEK KALKTUFBRONNEN

De vegetaties van Limburgse bronbossen zijn goed gedocumenteerd (KUIPER, 1956; GORISSEN, 1983; EVERS & WEEDA, 1998; HOMMEL & VAN DORT, 2000; HOMMEL, 2004). Ook over de bijzondere flora van Kalkmoeras, habitatype H7230, is een gedegen overzicht verschenen (WEEDA *et al.*, 2011). Veel minder detailgegevens zijn bekend over de vegetatie van Nederlandse kalktufbronnen. Het hoofdstuk over de Klasse der bronbeekgemeenschappen (SIEBUM *et al.*, 1995) leunt tamelijk zwaar op vegetatiebeschrijvingen van bronnen in het oosten van Nederland (MAAS, 1959). Verder komt de bijzondere mosflora (BIJLSMA *et al.*, 2008) van Limburgse hellingbossen, waarin vrijwel alle kalktufbronnen zijn gelegen, er in de vegetatiekarteringen nogal bekaaid van af. In het uit 2006 daterende eindconcept met de beschrij-

ving van het habitatype Kalktufbron staat daarom nog een aantal vragen open (JANSSEN & SCHAMINÉE, 2003). Wegens gebrek aan gegevens onthouden de opstellers van het desbetreffende Profielendocument zich van stellige uitspraken over de kwaliteit (MINISTERIE VAN LANDBOUW, NATUUR EN VOEDSELKwaliteit, 2008). Om te kunnen inspelen op alle eisen die met de Natura 2000-status verbonden zijn [zie kader], is informatie over de huidige staat van de als habitatype H7220 aangemerkte kalktufbronnen dringend gewenst. Dit vormde de aanleiding tot het bronnenonderzoek waarvan de resultaten in dit artikel worden gepresenteerd.

## VERZAMELDE GEGEVENS

Tijdens het kalktufbrononderzoek in 2011 zijn 283 bronlocaties in Limburg bezocht [figuur 1], waarbij de volgende gegevens werden verzameld:

- ruwe schatting van het debiet: zwak, normaal of sterk;
- aanwezigheid en hoedanigheid van kalktuf (lagen, banken of plateau);
- kwantitatieve inschatting van het lichtklimaat: schaduw, halfschaduw of licht;
- bepaling van de populatie-omvang per gekwalificeerde mossoort in dm<sup>2</sup>;
- Detailbeschrijving vegetatie van 115 bronnen.

Op basis van deze gegevens is zowel de abiotische als de biotische kwaliteit van het habitatype Kalktufbronnen beoordeeld.

## KWALITEITSINDICATOREN HABITATYPE KALKTUFBRONNEN (H7220)

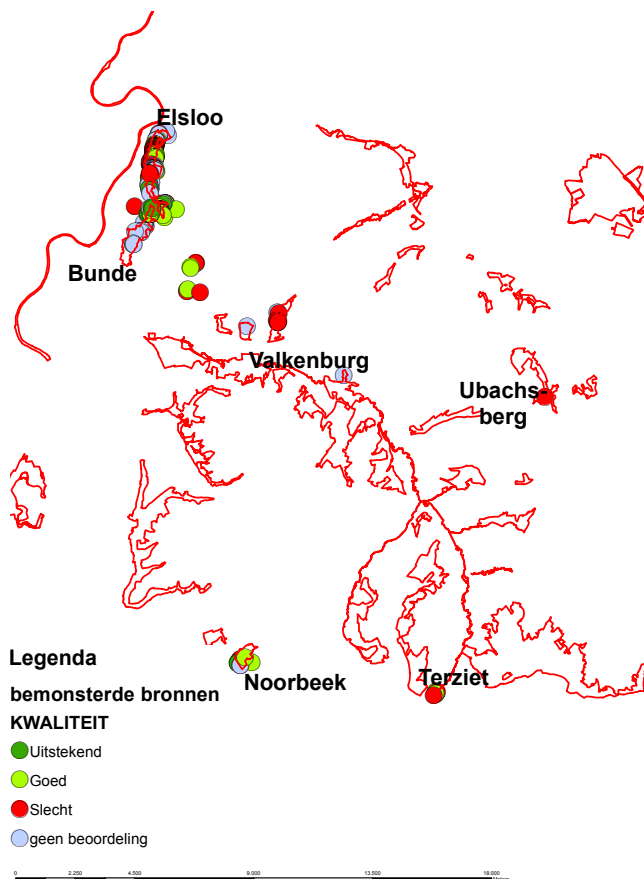
In het Profielendocument worden voor habitatype H7220 drie kwaliteitsindicatoren genoemd (MINISTERIE VAN LANDBOUW, NATUUR EN VOEDSELKwaliteit, 2008):

### Definitie Kalktufbronnen, habitatype H7220

Volgens de definitie kan een bron alleen aanspraak maken op kwalificatie als habitatype H7220 wanneer voldaan is aan de volgende voorwaarden:

- er is sprake van de vorming van kalktuf;
- de bron heeft een oppervlakte van minimaal 10 m<sup>2</sup> (= 0,1 are);
- er is minimaal een van de volgende bladmossoorten aanwezig: Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*), Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*) en Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*).

Een mosloze tufbron wordt dus niet als habitatype H7220 beschouwd, ook niet als er qua kalktufvorming en -oppervlakte niets op aan te merken valt.



FIGUUR 1

Ligging en abiotische kwaliteit van de onderzochte kalktufbronnen. De rode lijnen geven de begrenzing van de Natura2000-gebieden aan.

- abiotische randvoorwaarden (zuurgraad, vochttoestand en voedselrijkdom);
- overige kenmerken van een goede structuur en functie (stroomsnelheid, kwel en 'sijpelen', en vorming van kalktufsteen);
- typische soorten (onder andere drie soorten bladmossen).

## ABIOTISCHE RANDVOORWAARDEN

### Zuurgraad

Door medewerkers van de Provincie Limburg en Staatsbosbeheer, samen verantwoordelijk voor het opstellen van de Natura 2000-beheerplannen voor de gebieden met de Limburgse kalktufbronnen, zijn de zuurgraad (pH) en het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) van het bronwater bepaald. De metingen laten duidelijke verschillen zien tussen de verschillende brongebieden. De pH-waarden van bronnen in de Noorbeemden liggen tussen 8,0 en 8,3 en zijn vrij constant. De waarden voor het bronnencomplex van Terziet en van de bronnen in het Ravensbos variëren van 7,1 tot 8,3 (bron: databestand van de Provincie Limburg). Ze bestrijken globaal hetzelfde bereik als het Bunder- en Elsloërbos en Waterval (VISSE, 2009). In de bronnen met een pH van 8 of meer vormt de zuurgraad van het water geen belemmering voor het ontstaan van kalktuf. Zoals is te verwachten laten de bronnen ten zuiden van de Geulle-breuk gemiddeld lagere pH-waarden zien, van 6,5 tot maximaal 7,8. In dergelijke zwak gebufferde situaties vindt geen kalktufvorming plaats.



FIGUUR 2

Futloze blubberbron in het Ravensbos (foto: Klaas van Dort).

### Vochttoestand

Nogal wat bronkoppen zijn verdroogd. Het debiet is althans op veel plaatsen zo zwak dat er geen permanent stromend beekje ontstaat waarin kalktufvorming kan plaatsvinden. Veelal is sprake van een diffuse bron, ofwel een natte blubberplek waar weinig water uit een helling sijpelt [figuur 2]. Dergelijke 'futloze' bronnen zijn niet zelden vrijwel volledig bedekt met (blad)strooisel. De kracht van het uitstromende water is niet afdoende om strooisel stroomafwaarts te transporteren. Bovendien voltrekt de strooiselvertering zich langzaam. Zowel kalktufvorming als de vestiging van gekwalificeerde mossen wordt in diffuse bronnen zodanig gehinderd dat van het habitatype Kalktufbron niet of nauwelijks sprake kan zijn.

### Voedselrijkdom

Een indicatie voor eutrofiëring geeft de EGV-waarde van het bronwater. In de bronnen van het Ravensbos, Vliek en Waterval zijn relatief hoge waarden gemeten, variërend van 848 tot 1138 mS/m, het maximum in de regio. De bronnen van Terziet scoren met 582 tot 634 mS/m gemiddeld het laagst. De waarden van Noorbeemden variëren van 608 tot 714 mS/m.

Wat de abiotische randvoorwaarde voedselrijkdom betreft zijn er beperkingen aangaande de ontwikkeling van het habitatype Kalktufbron in het Ravensbos, Vliek en Waterval. Deze constatering wordt versterkt door het gegeven dat hier op verschillende plaatsen ernstige verruiging optreedt met verstoring indicators zoals braam (*Rubus spec.*) en Grote brandnetel (*Urtica dioica*).



FIGUUR 3

Kalktufafzetting in het Lage bos (foto: Klaas van Dort).

### OVERIGE KENMERKEN VAN EEN GOEDE STRUCTUUR EN FUNCTIE

#### Stroomsnelheid, kwel en 'sijpelen'

Tijdens de inventarisatie is op 283 locaties bij de bronkop een ruwe schatting gemaakt van de in het Profielendocument genoemde elementen stroomsnelheid, kwel en 'sijpelen'. Uit de bronkopen in het Kloosterbos, de buiten Natura 2000-gebied gelegen bronnen bij Waterval, twee bronnen bij Vliek, en het merendeel van de bronnen in het Ravensbos sijpelt slechts een smal stroompje water. Ook het debiet van veel geomorfologisch duidelijk te herkennen kalktufbronnen en kwelplekken in het Bunder- en Elslöerbos is opmerkelijk zwak, zelfs op klassieke bronlocaties in het Lage Bos bij Elslöo. Het is niet duidelijk of hier sprake is van tijdelijk verminderde wateraanvoer als gevolg van een neerslagarme periode voorafgaand aan het onderzoek of dat de bronnen daadwerkelijk te lijden hebben van verdroging.

Wat betreft de aquatische kenmerken lijken er, in samenhang met de al eerder genoemde suboptimale vochttoestand, op verschillende onderzochte locaties serieuze beperkingen te zijn voor de ontwikkeling van het habitatype Kalktufbron.

#### Vorming van kalktufsteen

Het merendeel van de Limburgse kalktufbronnen ligt in het Bunder- en Elslöerbos ten noorden van de Geulle-breuk. Hier is in ongeveer driekwart van de bronnen kalktuf gevormd. Dit wordt dicht bij de bron afgezet in lagen op kiezels, takjes en ander materiaal dat in het water terecht is gekomen [figuur 3]. In de bronbeek verderop vormt kalktuf soms banken of plateaus (VissER, 2009). De dikte van de kalktuf laag varieert sterk over korte afstand. In sommige bronnen is slechts een dun kalktufvlies waarneembaar, terwijl in de directe nabijheid de afzettingen zijn uitgegroeid tot dikke platen die soms meer dan tien vierkante meters bedekken, onder meer in deelgebied Slingerberg even ten noorden van Geulle. Plaatselijk zijn banken met meerdere etages gevormd. Fraaie voorbeelden van dergelijke 'kalktufcascaden' liggen in het Lage Bos en in Bron Welleput, het hellingbos ten oosten van Brommelen.

In het complex van bronnen in de Noorbeemden zijn rond een viertal bronkopen dikke kalktuf lagen afgezet. Niet zelden is daarbij de bronbeekbedding met alles wat zich in en onder water bevindt over een lengte van vele meters met kalktuf bekleed. Hetzelfde verschijnsel is geconstateerd in het Bronnetjesbos bij Terziet [figuur 4], plaatselijk in het Ravensbos en bij Vliek, en op één locatie bij Waterval. Bronnen met uitgestrekte kalktufplaten en -banken zijn echter uitzonderingen. Lang niet alle beoordeelde bronnen voldeden aan het oppervlaktecri-



terium van 10 m<sup>2</sup>, zoals aangegeven in het Profielendocument van het habitatype.

#### Abiotische kwaliteit Kalktufbronnen

Het eindresultaat per locatie, gebaseerd op de beoordeling van de hierboven beschreven abiotische kwaliteitsindicatoren, is weergegeven in tabel 1. Hieruit kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Van de 283 onderzochte bronnen werden er 187 als habitatype Kalktufbron gekwalificeerd.
- Van de 187 gekwalificeerde kalktufbronnen is het merendeel op grond van de abiotiek beoordeeld als slecht (106 bronnen; 57%), 59 bronnen zijn beoordeeld als goed (32%) en 22 bronnen scoren uitstekend (12%).
- Qua abiotiek gelden alleen het deelgebied Noorbeemden en het deelgebied Bunder- en Elslöerbos als toplocaties voor het habitatype Kalktufbron in ons land.
- De meeste kwalitatief uitstekende kalktufbronnen liggen in het Bunder- en Elslöerbos.
- Buiten Natura 2000-gebieden komen bij Vliek en Waterval enkele kwalitatief goede voorbeelden van het habitatype Kalktufbron voor.



FIGUUR 4

Kalktufbanken met Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*) in het Bronnetjesbos bij Terziet (foto: Jasmijn Backx)

Kwaliteit	Bronnen gekwalificeerd als H720: Kalktufbron				Bron geen H720 -	Totaal beoordeeld
	Uitstekend	Goed	Slecht	Totaal		
<i>Natura 2000-gebied</i>						
<b>Bunder- en Elsoërbos</b>						
Terhagen	0	1	2	3	11	14
Lage Bos	4	7	53	64	7	71
Hoge Bos	0	22	9	31	25	56
In de Breuk	2	13	20	35	8	43
Slingerberg	6	2	6	14	11	25
Bron Welleput	6	4	1	11	21	32
Armenbos	0	0	0	0	5	5
subtotaal	18	49	91	158	88	246
<b>Geuldal</b>						
Goudsberg Zuid	0	0	0	0	1	1
Kloosterbos Oost	0	0	0	0	1	1
Ravensbos	0	0	5	5	3	8
Terziet	0	4	3	7	1	8
subtotaal	0	4	8	12	6	18
<b>Noorbeemden/Hoogbos</b>						
Noorbeek	4	3	1	8	0	8
Hoogbos	0	0	1	1	1	2
subtotaal	4	3	2	9	1	10
<b>Kunderberg</b>						
Putberg	0	0	1	1	0	1
<b>Geen Natura 2000-gebied</b>						
Waterval	0	1	2	3	1	4
Vliek	0	2	2	4	0	4
subtotaal	0	3	4	7	1	8
<b>Totaal aantal bronnen beoordeeld</b>	<b>22</b>	<b>59</b>	<b>106</b>	<b>187</b>	<b>96</b>	<b>283</b>

TABEL 1

Aantal onderzochte bronlocaties en abiotische kwaliteit van het habitatype Kalktufbron (H720) per deelgebied. Bronkwaliteit: slecht: positieve inschatting voor geen of één van de componenten; goed: positieve inschatting voor twee componenten; uitstekend: positieve inschatting voor drie componenten.

TABEL 2 ►

Percentage (%) mos-  
sen per deelgebied,  
gemeten over 115  
geselecteerde bron-  
nen. Volgorde van de  
soorten per categorie  
naar presentie in  
de als habitatype  
Kalktufbron gekwali-  
ficeerde bronnen.

## HET DRIETAL GEKWALIFICEERDE BLADMOSSEN

Per definitie is het habitatype Kalktufbron gekoppeld aan de aanwezigheid van minstens 10 m<sup>2</sup> kalktuf én van kalkminnende bladmos-  
sen. De gekwalificeerde soorten zijn Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*), Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*) en Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*) [figuur 5a t/m 5c]. Het verspreidingsbeeld van dit drietal mossen in Limburg was tot

FIGUUR 5

Habitus van de gekwalificeerde mossoorten, a) Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*), b) Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*) en c) Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*) (foto's: Dick Haaksma).





Soorten Nederlandse naam	Locatie	Bunde- Elsloo	Geuldal	Noor- beemden	Vlieken Waterval	Kunderberg	Totaal (N = 115)	
	Aantal opnamen Wetenschappelijke naam	60	12	9	7	1	H720 89	Geen H720 26
<b>Gekwalificeerde mossen</b>								
Beekdikkopmos	<i>Brachythecium rivulare</i>	84	100	89	57	0	83	4
Gewoon diknerfmos	<i>Cratoneuron filicinum</i>	78	50	89	86	100	75	19
Geveerd diknerfmos	<i>Palustriella commutata</i>	30	0	44	0	0	21	0
<b>Begeleidende mossen</b>								
Kleisnavelmos	<i>Oxyrrhynchium hians</i>	84	92	78	86	100	84	58
Gewoon dikkopmos	<i>Brachythecium rutabulum</i>	45	58	67	86	0	49	50
Gerimpeld boogsterrenmos	<i>Plagiomnium undulatum</i>	33	42	33	0	0	28	8
Fijn laddermos	<i>Kindbergia praelonga</i>	27	33	33	29	0	25	23
Gekroesd plakkaatmos	<i>Pellia endiviifolia</i>	25	42	22	29	100	25	8
Gewoon pluisdraadmos	<i>Amblystegium serpens</i>	19	42	22	29	0	19	12
Watervalmos	<i>Rhynchostegium riparioides</i>	20	17	0	0	0	12	15
Kegelmos	<i>Conocephalum conicum</i>	19	0	0	14	0	10	0
Gewoon kantmos	<i>Lophocolea bidentata</i>	14	8	22	0	0	9	4
Gesnaveld boogsterrenmos	<i>Plagiomnium rostratum</i>	16	0	11	0	100	9	4
Moerassnavelmos	<i>Oxyrrhynchium speciosum</i>	16	0	0	0	0	7	4
Groot platmos	<i>Plagiothecium nemorale</i>	8	0	22	0	0	3	0
Struikmos	<i>Thamnobryum alopecurum</i>	11	0	0	0	0	3	0
Plooibladmos	<i>Eurhynchium striatum</i>	6	17	0	0	0	2	0
Groot vedermos	<i>Fissidens adianthoides</i>	9	0	0	0	0	2	0
Halvemaantjesmos	<i>Lunaria cruciata</i>	9	0	0	0	0	2	8
Klein snavelmos	<i>Oxyrrhynchium pumilum</i>	9	0	0	0	0	2	0
Groot varentjesmos	<i>Plagiochila asplenioides</i>	8	8	0	0	0	2	0
Lippenmos	<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	8	0	0	0	0	1	8
Gezoomd vedermos	<i>Fissidens bryoides</i>	8	0	0	0	0	1	0
Steenvedermos	<i>Fissidens gracilifolius</i>	8	0	0	0	0	1	0
Kleivedermos	<i>Fissidens taxifolius</i>	8	0	0	0	0	1	0
Beekmos	<i>Leptodictyum riparium</i>	6	0	0	14	0	1	0
Gedrongen kantmos	<i>Lophocolea heterophylla</i>	8	0	0	0	0	1	0
Gewoon plakkaatmos	<i>Pellia epiphylla</i>	8	0	0	0	0	1	8
Gewoon sterrenmos	<i>Mnium hornum</i>	6	0	0	0	0	1	8
<b>Korstmos</b>								
Groene waterstippelkorst	<i>Verrucaria denudata</i>	6	17	0	14	0	3	4
<b>Vaatplanten van bronmilieu (Montio-Cardaminetea)</b>								
Bittere veldkers	<i>Cardamine amara</i>	41	33	22	0	0	31	0
Paarbladig goudveil	<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	34	33	0	43	0	28	4
Pinksterbloem	<i>Cardamine pratensis</i>	33	33	22	14	0	27	0
Reuzenpaardenstaart	<i>Equisetum telmateia</i>	11	8	22	0	0	7	4
Verspreidbladig goudveil	<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	8	0	0	0	0	1	0
<b>Begeleidende vaatplanten van voedselrijk en vochtig bos</b>								
Speenkruid	<i>Ranunculus ficaria</i>	47	42	78	71	0	48	15
Robertskruid	<i>Geranium robertianum</i>	19	8	22	43	0	16	0
Daslook	<i>Allium ursinum</i>	14	0	0	0	0	6	0
Slanke sleutelbloem	<i>Primula elatior</i>	6	17	33	0	0	6	0
Moerasspirea	<i>Filipendula ulmaria</i>	9	0	22	0	0	4	4
Gevlekte aronskelk	<i>Arum maculatum</i>	9	0	0	0	0	2	0
Gele dovenetel	<i>Lamiastrum galeobdolon</i>	6	17	0	0	0	2	0
Bosgierstgras	<i>Milium effusum</i>	6	8	11	0	0	2	0
Muskuskruid	<i>Adoxa moschatellina</i>	6	8	0	0	0	1	0
Look zonder look	<i>Alliaria petiolata</i>	6	0	11	0	0	1	0
Gewone engelwortel	<i>Angelica sylvestris</i>	6	0	11	0	0	1	0
Tongvaren	<i>Asplenium scolopendrium</i>	8	0	0	0	0	1	0
Dotterbloem	<i>Caltha palustris</i>	8	0	0	0	0	1	0
Watermunt	<i>Mentha aquatica</i>	6	0	11	0	0	1	0
Zwarte bes	<i>Ribes nigrum</i>	6	0	11	0	0	1	0
<b>Storingsindicatoren</b>								
Klimop	<i>Hedera helix</i>	36	25	0	86	100	33	15
Grote brandnetel	<i>Urtica dioica</i>	22	0	33	43	0	18	4
Ruw beemdgras	<i>Poa trivialis</i>	22	17	33	14	0	18	0
Kruipende boterbloem	<i>Ranunculus repens</i>	23	8	0	14	0	15	0
Braam	<i>Rubus fruticosus</i>	11	8	0	43	0	8	8

Soorten	Bronnummer	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	V1	V2	V3	V4	W1	W2	W3	W4	
Nederlandse naam	Biotische kwaliteit	G	S	U	U	U	U	G	S	-	G	S	S	G	G	-	S	G	S	
	Wetenschappelijke naam																			
<b>Gekwalificeerde mossen</b>																				
Beekdikkopmos	<i>Brachythecium rivulare</i>	2a	+	1	1	2m	2m	+	.	.	+	+	.	2b	2a	.	.	+	.	
Gewoon diknerfmos	<i>Cratoneuron filicinum</i>	2b	.	2m	+	2a	1	1	1	.	+	.	+	2m	2b	.	1	3	+	
Geveerd diknerfmos	<i>Palustriella commutata</i>	.	.	+	2a	+	2a	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Aantal soorten gekwalificeerd</i>		2	1	3	3	3	3	2	1	0	2	1	1	2	2	0	1	2	1	
<b>Begeleidende mossen</b>																				
Kleisnavelmos	<i>Oxyrrhynchium hians</i>	+	+	1	2m	2a	2m	.	+	r	.	+	1	+	+	1	1	2m	2m	
Gewoon dikkopmos	<i>Brachythecium rutabulum</i>	.	.	+	.	+	2m	+	+	r	2m	1	+	+	.	.	2m	2m	1	
Fijn laddermos	<i>Kindbergia praelonga</i>	1	+	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	
Gewoon pluisdraadmos	<i>Amblystegium serpens</i>	.	.	.	.	+	2m	.	.	.	.	2m	.	.	.	.	.	1	.	
Gerimpeld boogsterrenmos	<i>Plagiomnium undulatum</i>	+	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Gekroesd plakkaatmos	<i>Pellia endiviifolia</i>	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	
Gewoon kantmos	<i>Lophocolea bidentata</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Groot platmos	<i>Plagiothecium nemorale</i>	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Kegelmos	<i>Conocephalus conicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	
Gesnaveld boogsterrenmos	<i>Plagiomnium rostratum</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Beekmos	<i>Leptodictyum riparium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	
<b>Korstmos</b>																				
Groene waterstippelkorst	<i>Verrucaria denudata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	
<i>(Korst)mossen begeleidend</i>		5	4	4	2	4	4	2	2	2	1	4	4	2	2	1	4	4	2	
<b>Vaatplanten van bronmilieu (Montio-Cardaminea)</b>																				
Bittere veldkers	<i>Cardamine amara</i>	.	.	.	.	.	.	2a	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	
Paarbladig goudveil	<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	+	.	.	.	.	
Pinksterbloem	<i>Cardamine pratensis</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m	
Reuzenpaardenstaart	<i>Equisetum telmateia</i>	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<b>Begeleidende vaatplanten van voedselrijk en vochtig bos</b>																				
Speenkruid	<i>Ranunculus ficaria</i>	+	+	1	+	.	1	+	.	.	+	2a	2a	2m	+	.	.	.	2a	
Robertsruid	<i>Geranium robertianum</i>	.	.	r	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.	
Slanke sleutelbloem	<i>Primula elatior</i>	.	.	r	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Moerasspirea	<i>Filipendula ulmaria</i>	.	.	r	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Bosgierstgras	<i>Milium effusum</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Look zonder look	<i>Alliaria petiolata</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Gewone engelwortel	<i>Angelica sylvestris</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Watermunt	<i>Mentha aquatica</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Zwarte bes	<i>Ribes nigrum</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Vaatplanten begeleidend</i>		3	1	6	2	1	5	5	0	0	2	2	1	3	3	0	0	1	2	
<b>Storingsindicatoren</b>																				
Klimop	<i>Hedera helix</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	+	.	3	2a	+	+	
Grote brandnetel	<i>Urtica dioica</i>	.	.	.	.	r	.	+	.	.	+	r	.	+	.	.	.	+	.	
Ruw beemdgras	<i>Poa trivialis</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	
Kruipende boterbloem	<i>Ranunculus repens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	
Braam	<i>Rubus fruticosus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.	

TABEL 3

Bronvegetatie van Natura 2000-gebied Noorbeemden/Hoogbos (N1 t/m N10), Vliek (V1 t/m V4) en Waterval (W1 t/m W4). Soorten gegroepeerd naar indicatieve categorie. Bedekking volgens de methode Braun-Blanquet. De biotische kwaliteit van de gekwalificeerde mosbegroeiing in Limburgse kalktufbronnen (H7220) is uitgedrukt in: S: slecht, slechts hier en daar een plukje gekwalificeerd mos aanwezig, meestal Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*); G: goed, in en rond de bron bevinden zich vele plukjes of substantiële zoden van gekwalificeerde mossen, meestal van Gewoon diknerfmos en/of Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*); U: uitstekend, zowel Beekdikkopmos als Gewoon diknerfmos en Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*) zijn present, soms in uitgestrekte zoden of met veel pollen.

op heden verre van compleet. In opdracht van Staatsbosbeheer regio Zuid en de Provincie Limburg zijn daarom in 2011 vrijwel alle Limburgse bronnen met kalkrijk water gecontroleerd op de aanwezigheid van gekwalificeerde mossoorten.

## DE VEGETATIE VAN KALKTUFBRONNEN

Uit de groep van 283 beoordeelde locaties zijn er op praktische gron-

den 115 onderworpen aan een nader vegetatiekundig onderzoek. Het aantal geselecteerde bronnen is min of meer gekoppeld aan de oppervlakte van de verschillende deelgebieden. De bronvegetatie is in detail beschreven volgens de standaardmethode Braun-Blanquet (SCHAMINÉE *et al.*, 1995).

In de geselecteerde bronnen zijn 29 mossen aangetroffen, één aquatisch korstmos en 25 vaatplanten [tabel 2]. Van de gekwalificeerde mossoorten is Beekdikkopmos het meest talrijk. Het bereikt een frequentie van 83%, op de voet gevolgd door Gewoon diknerf-

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Voc	Str	Zuu	Nut	Zel	RoL
<b>Beekdikkopmos</b>	<i>Brachythecium rivulare</i>	9	4	6	5	zz	KW
Glansmos	<i>Hookeria lucens</i>	7	2	6	3	zzz	BE
<b>Geveerd diknerfmos</b>	<i>Palustriella commutata</i>	9	7	9	3	zzz	BE
Slank staartjesmos	<i>Philonotis arnellii</i>	7	3	5	2	o	
Groot staartjesmos	<i>Philonotis calcarea</i>	9	7	8	2	zzz	GE
Beekstaartjesmos	<i>Philonotis fontana</i>	9	7	5	3	z	
Kantig staartjesmos	<i>Philonotis seriata</i>	9	8	4	2	o	
Beekschoffelmos	<i>Scapania undulata</i>	10	4	3	2	zzz	GE
Wolmos	<i>Trichocolea tomentella</i>	7	3	6	3	zzz	BE
<b>Vochtminnaars</b>							
Oeverpluisdraadmos	<i>Amblystegium varium</i>	6	5	7	7	a	
Gewoon puntmos	<i>Calliergonella cuspidata</i>	7	8	7	5	a	
Lippenmos	<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	9	4	6	4	a	
Kegelmoss	<i>Conocephalum conicum</i>	7	3	8	7	a	
<b>Gewoon diknerfmos</b>	<i>Cratoneuron filicinum</i>	8	6	8	4	a	
Stomp dubbeltandmos	<i>Didymodon tophaceus</i>	7	7	8	5	a	
Tufmos	<i>Eucladium verticillatum</i>	7	4	9	2	zzz	GE
Groot vedermoss	<i>Fissidens adianthoides</i>	8	5	7	3	z	KW
Fijn laddermos	<i>Kindbergia praelonga</i>	6	4	5	6	a	
Gewoon kantmos	<i>Lophocolea bidentata</i>	6	4	5	3	a	
Moerassnavelmos	<i>Oxyrrhynchium speciosum</i>	7	3	7	7	a	
Gekroesd plakkaatmos	<i>Pellia endiviifolia</i>	8	4	8	5	a	
Groot platmos	<i>Plagiothecium nemorale</i>	6	4	5	5	a	

mos met 75%. Op de derde plaats komt Geveerd diknerfmos dat in 21% van de 89 als habitatype gekwalificeerde kalktufbronnen is aangetroffen.

Van de niet gekwalificeerde soorten bereikt Kleisnavelmos (*Oxyrrhynchium hians*) de hoogste frequentie. Dit basenminnende slaapmos is op 84% van de kalktufbronnen aangetroffen en komt in ruim de helft van de niet gekwalificeerde bronnen voor. Kleisnavelmos groeit meestal in combinatie met Gewoon dikkopmos (*Brachythecium rutabulum*), dat in de helft van de bronnen aanwezig is. Frequentie begeleiders zijn Fijn laddermos (*Kindbergia praelonga*), Gerimpeld boogsterrenmos (*Plagiomnium undulatum*), Gekroesd plakkaatmos (*Pellia endiviifolia*), Gewoon pluisdraadmos (*Amblystegium serpens*), Watervalmos (*Rhynchostegium riparioides*) en Kegelmoss (*Conocephalum conicum*). Alle overige soorten zijn in minder dan 10% van de bronnen aanwezig.

Van de vaatplanten die typerend zijn voor basenrijke bronnen (klasse *Montio-Cardaminea*) komen Bittere veldkers (*Cardamine amara*) en Paarbladig goudveil (*Chrysosplenium oppositifolium*) het meest voor. De bosplant Speenkruid (*Ranunculus ficaria*) is in bijna de helft van alle kalktufbronnen present. De lijst van storingsindicatoren wordt aangevoerd door Klimop (*Hedera helix*).

Ter illustratie is in tabel 3 de vegetatie weergegeven van tien bronnen in het dal van de Noor, een toplocatie met kalktufbronnen van uitstekende kwaliteit, en van vier kwalitatief mindere bronnen bij Vliet en vier bij Waterval.

Vanwege de uitgestrekte zoden van Geveerd diknerfmos en de doorgaans beperkte deelname van andere soorten, wijkt een aantal begroeiingen in het dal van de Noor sterk af van andere bronvegetaties in Nederland. De door Geveerd diknerfmos gedomineerde begroeiingen zijn als Associatie van Geveerd diknerfmos (in het buitenland bekend onder de naam *Cratoneuretum commutati*) te betitelen [tabel 3: locatie N4 en N6]. Hiermee wordt de presentie van het *Cratoneuron* in Nederland opnieuw onderkend. In tegenstelling tot VAN GENNIP *et al.* (2007) maakt 'De vegetatie van Nederland' (SIE-

TABEL 4

*Ecologische indicatiewaarden, zeldzaamheid en Rode lijst-status van belangrijke mossoorten in bronnen, bronbeken en kwelplekken. De soorten die classificierend zijn voor het habitatype Kalktufbron (H7220) zijn vet gedrukt. Ecologische indicatiewaarden naar SIEBEL (2005). Voc: vochtindicatie; Str: stralingsklimaatindicatie; Zuu: zuurgraadindicatie; Nut: voedselrijkdomindicatie; Zel: zeldzaamheid volgens de Standaardlijst van de Nederlandse blad- en levermossen (SIEBEL *et al.*, 2005); RoL: Rode lijst-categorie volgens de Rode Lijst Mossen (SIEBEL *et al.*, 2000 en 2006); GE: gevoelig; BE: bedreigd en KW: kwetsbaar.*

BUM *et al.*, 1995) geen melding van het *Cratoneuretum commutati* als zelfstandige associatie van kalktufbronnen.

#### BIOTISCHE KWALITEIT HABITATYPE KALKTUFBRONNEN

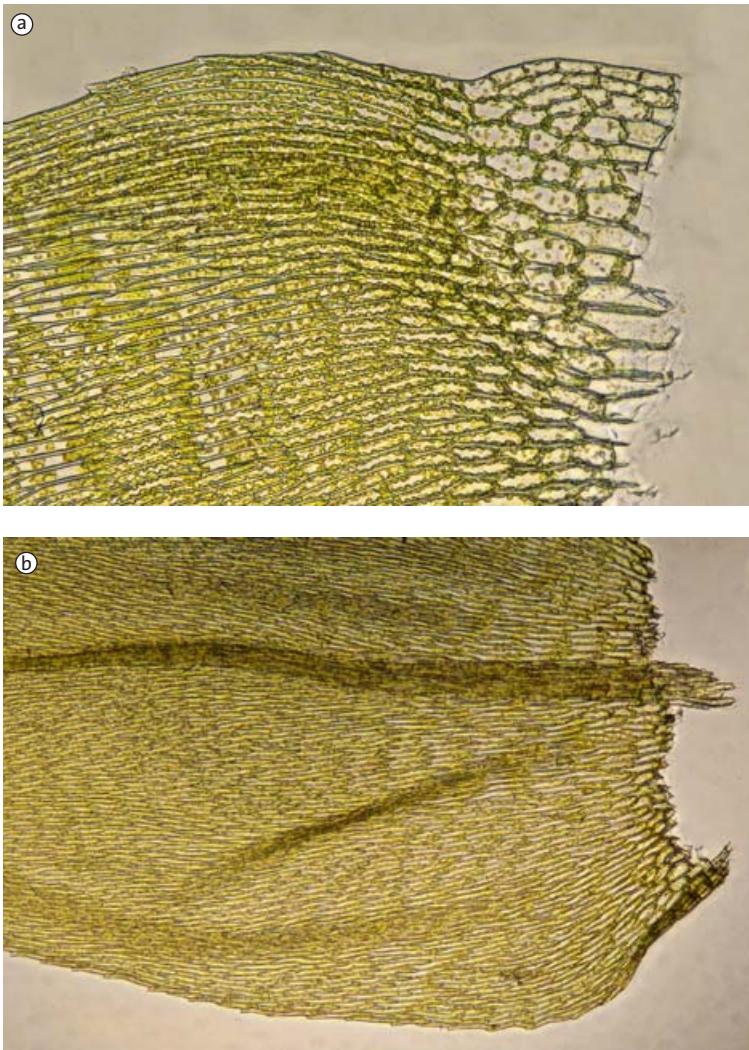
De biotische kwaliteit van de Limburgse kalktufbronnen is gebaseerd op omvang en samenstelling van de gekwalificeerde mosbegroeiing.

Bijna driekwart van de 115 in detail bekeken kalktufbronnen is gekwalificeerd als prioritair habitatype H7220. Een verklaring voor het verrassend hoge percentage ligt in het feit dat zelfs rond vrijwel verdroogde bronkopen Gewoon diknerfmos of Beekdikkopmos vaste voet weten te krijgen op één of enkele met kalktuf beklede takjes of steentjes. Het gaat om plukjes of zoden van uiterst beperkte omvang, maar als voldaan wordt aan het oppervlaktecriterium worden bronnen met gering debiet toch als habitatype gekwalificeerd. In dit geval wordt de biotische kwaliteit als slecht ingeschaald [tabel 3: locatie N2 en N8, V1 en V2 en W2 en W4]. Het Bunder- en Elslöerbos en Noorbeemden/Hoogbos zijn de enige gebieden in Nederland waar de gekwalificeerde kalktufbronvegetaties [tabel 2 en 3: locatie N3 t/m N6] als uitstekend aangeduid worden. De situatie in het Natura 2000-gebied Geuldal wisselt sterk, maar is over het algemeen slecht. Buiten Natura 2000-gebieden komen relatief goed ontwikkelde bronvegetaties voor bij Vliet en Waterval [tabel 3: locatie V3, V4 en W3]. De bronnen in de deelgebieden Goudsberg en Kloosterbos voldoen niet aan de kwalificatie-eisen.

#### BRONMOSSEN

Alle planten hebben een bepaalde milieuvorkeur. De ecologische voorkeur, bijvoorbeeld ten aanzien van substraattype, zuurgraad of voedselrijkdom, kan tot uitdrukking worden gebracht in indicatie-





FIGUUR 6

Bladhoekcelgroep van a) Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*) en b) Gewoon dikkopmos (*Brachythecium rutabulum*) (foto's: Dick Haaksma).

getallen. Voor alle Nederlandse blad- en levermossen zijn indicatiegetallen opgesteld (SIEBEL, 2005). Bovendien is via de website van de Bryologische en Lichenologische Werkgroep (BLWG) van de KNNV een lijst met indicaties voor onder meer levensstrategie en biotoop beschikbaar. Een op deze lijst gebaseerde selectie op biotoopgetal leert dat in Nederland negen mossen specifiek zijn voor 'bronnen, bronbeken en kwelplekken'. In tabel 4 zijn de vier belangrijkste ecologische preferenties opgenomen van de Nederlandse bronmossen en ter vergelijking een aantal minder veeleisende vochtminnende mossen met een vochtindicatie van zes of hoger. Daarnaast is een code voor landelijke zeldzaamheid en de Rode lijst-categorie vermeld. Het overzicht maakt in één oogopslag duidelijk dat de specialisten er in ons land beroerd voorstaan. Twee staartjesmossen staan te boek als uitgestorven, hiervan is overigens Slank staartjesmos (*Philonotis arnellii*) weer in ons land opgedoken (BLWG, 2007). De rest staat als zeer zeldzaam op de Rode lijst, met uitzondering van de kwelindicator Beekstaartjes mos (*Philonotis fontana*). Tabel 4 illustreert ook de aparte positie van Geveerd diknerfmos, de meest selectieve van het trio voor Kalktufbronnen gekwalificeerde mossen. Geveerd diknerfmos koppelt als enige een vochtindicatie van negen aan de maximale zuurgraadindicatie, en etaleert aldus een sterke binding met permanent natte, sterk basische of kalkrijke standplaatsen. Het nutriëntengetal wordt geschat op drie en doet een zekere gevoeligheid voor eutrofiëring vermoeden. Het hoge stralingsgetal suggereert een voorkeur voor lichter stand-

plaatsen, maar Geveerd diknerfmos verdraagt flink wat schaduw en kan zich rond bosbronnen goed handhaven. Het is dus logisch om Geveerd diknerfmos als gekwalificeerd voor kalktufbronnen op te voeren.

De binding aan kalk is bij Gewoon diknerfmos minder uitgesproken, maar de ecologische preferentie komt wel aardig overeen met die van haar geveerde familielid. Gewoon diknerfmos is echter bepaald niet aan bronnen gebonden en bezet buiten het Mergelland allerlei groeiplaatsen, zowel in uiterwaardgrasland als op beschoeiingen langs kanalen, zolang de standplaats maar baserijk is. Gewoon diknerfmos komt volgens de door SIEBEL (2005) toegekende biotoopcode 1 voor 'op allerlei bodems zonder duidelijke voorkeur'. Het is daarom ook in tabel 3 niet als bronsoort aangemerkt, maar bij de vochtminnaars geplaatst. Het predikaat bronindicator is al evenmin vanzelfsprekend voor Beekdikkopmos, dat een hogere nutriëntenbelasting verdraagt en met beduidend minder baserijke omstandigheden toe kan. Beekdikkopmos is dan ook niet zozeer een bronsoort, maar veel meer een kwelindicator. Haar praktische indicatiewaarde staat sowieso onder druk omdat Beekdikkopmos als twee druppels water lijkt op het alledaagse Gewoon dikkopmos (*Brachythecium rutabulum*), een opportunist die vooral langs geëutrofiëerde bronnen optreedt. Nauwkeurige bestudering van bladvorm en bladoortjes [figuur 6] is vaak afdoende om beide soorten uit elkaar te houden, maar moeilijk te identificeren tussenvormen zijn niet zeldzaam.

Een andere typische bronsoort, Glansmos (*Hookeria lucens*), preferert zure tot neutrale bosbronnen en geldt daarom niet als classificerend voor Kalktufbronnen. Geheel conform de zuurgraadindicatie zijn de voorkomens van Glansmos in het Bunderbos beperkt tot enkele bronnen in het zuidelijk deel. Ze onderscheiden zich van de noordelijker gelegen bronnen bij Elsloo door relatieve kalkarmoede en dus het ontbreken van kalktuf (VISSER, 2009; WEEDA, 2011). Om dezelfde reden als Glansmos vallen ook Wolmos (*Trichocolea tomentella*) en het sterk kalkmijdende Beekschoffelmoss (*Scapania undulata*) buiten de boot als kalkbronindicator.

Zoals de Nederlandse naam Tufmos (*Eucladium verticillatum*) treffend uitdrukt, heeft dit mos wel een sterke binding met kalktuf. De concentratie stippen in het Mergelland op het verspreidingskaartje bevestigt deze suggestie in sterke mate (BLWG, 2007). Op grond van een aantal vondsten op relatief droge standplaatsen maakt Tufmos volgens de auteurs van de Verspreidingsatlas van de Nederlandse Mossen haar naam niet waar. In het buitenland wordt daar anders over gedacht. DREHWALD & PREISING (1991) voeren Tufmos op als enige kensoort van het *Eucladietum verticillati*, een kalktufvormend gezelschap op druiprotsen. In Vlaanderen wordt Tufmos als vierde kenmerkende mossoort voor habitattypen H7220 aangemerkt (DECLER, 2007). Tufmos gedraagt zich in Nederland duidelijk niet als kalktufbronindicator. Het is vooral bekend van vochtige muren en kalksteenwanden.



WEEDA *et al.* (2011) noemen naast Gewoon en Geveerd diknerfmos ook Veenknikmos (*Bryum pseudotriquetrum*), Groot staartjesmos (*Philonotis calcarea*) en Groen schorpioenmos (*Scorpidium cossonii*) als typerend voor het habitatype Kalktufbronnen. Laatstgenoemd drietal is niet aangetroffen tijdens het tufbronnen onderzoek in 2011.

## DANKWOORD

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Provincie Limburg en Staatsbosbeheer Regio Zuid. Onze dank gaat uit naar Dick Haakma en Jasmijn Backx voor het aanleveren van mossenfoto's. Jasmijn Backx en Guido Verschoor leverden waardevolle informatie tijdens het veldonderzoek.

## Summary

### BRYOPHYTE VEGETATION IN PETRIFYING SPRINGS WITH TUFA IN LIMBURG (THE NETHERLANDS)

The article discusses the abiotic conditions and vegetation of calcareous springs in the province of Limburg, the southernmost part of the Netherlands. Special attention was paid to the characteristic bryophytes of springs corresponding to habitat type H7220, Petrifying springs with tufa formation (*Cratoneurion*).

Tufa formation associated with hard-water springs is very rare in the Netherlands. The potential area of H7220 is naturally limited by specific geological and hydrological conditions and thus restricted to areas underlain by limestone or other calcareous rocks. Only in Limburg does groundwater rich in calcium carbonate come to the surface, allowing deposits of tufa to be formed.

Little detailed information was available on the bryophyte composition of petrifying springs in the Netherlands, due to the fragmented nature of the habitat, most of it in woods of restricted access. In the context of efforts to establish a detailed management plan for habitat type H7220, 283 calcareous springs in Limburg were surveyed in 2011.

The overall quality of the habitat varied considerably from one place to another, as well as within sites. Ninety-six of the investigated springs (34 percent) failed to qualify as H7220, and the quality of over 50% of the 187 springs that did qualify was poor, mostly as a result of desiccation or due to a tufa coverage far below the minimum of 10 m<sup>2</sup>. Springs with extensive tufa banks and tufa cascades are restricted to the Bunder- en Elsoërbos wood and the Noorbeemden/Hoogbos wood, both Natura 2000 sites. The quality of habitat type H7220 in the Geuldal valley and several smaller sites is far lower, though some good examples of petrifying springs with tufa were observed near Vliek and Waterval.

Detailed vegetation relevés were made at 115 springs. A total of 29 bryophytes, one aquatic lichen and 25 vasculars were noted. For a site to qualify as habitat type H7220, at

least one of the following bryophytes should be present on the tufa: *Brachythecium rivulare*, *Cratoneurion filicinum* and *Palustriella commutata*. Among the qualifying species, *Brachythecium rivulare* and *Cratoneurion filicinum* appeared to be very common. The very rare *Palustriella commutata* was only found in springs in the Bunder- en Elsoërbos and Noorbeemden/Hoogbos woods, where extensive stands of *Palustriella commutata* were identified as *Cratoneurion*, an underestimated and so far undescribed bryophyte synonym in the Netherlands.

## Literatuur

- BIJLSMA, R.J., A. APTROOT, K.W. VAN DORT, R. HAVEMAN, C.M. VAN HERK, A.M. KOOIJMAN, L.B. SPARRIUS & E.J. WEEDA, 2008. Preadvies Mossen & Korstmossen. Rapport Directie Kennis nr. 2008/dk104-O. Directie Kennis, Ede.
- BLWG. 2007. Toeren, B.F. van & L.B. Sparrius (red.). Voorlopige verspreidingsatlas van de Nederlandse mossen. Bryologische en Lichenologische Werkgroep van de KNNV, Utrecht.
- DECLER, K. (red.), 2007. Europees beschermde natuur in Vlaanderen en het Belgisch deel van de Noordzee. Habitattypen / Dier- en plantensoorten. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.M.2007.01, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- DREHWALD, U. & E. PREISING, 1991. Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens; Moosgesellschaften. Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen 20/9. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hannover.
- EVERS, W.M.J. & E.J. WEEDA, 1998. Het Bunderbos. In: P.W.F.M. Hommel & M.A.P. Horsthuis (red.), Excursieverslagen 1995. Plantensociologische Kring Nederland, Leersum: 11-14.
- GENNIP, B. VAN, J.A.M. JANSSEN & E.J. WEEDA, 2007. De tufbron, kleinood met grote status. *Stratiotes* 35: 22-37.
- GORISSEN, M.M.J., 1983. De vegetatie van het Bunderbos c.a. deel 1. Botanisch Laboratorium, Afdeling Geobotanie, Katholieke Universiteit, Nijmegen.
- HOMMEL, P.W.F.M., 2004. Ravensbosch en Kloosterbosch. In: P.W.F.M. Hommel & M.A.P. Horsthuis (red.), Excursieverslagen 2000. Plantensociologische Kring Nederland, Leersum: 20-23.
- HOMMEL, P.W.F.M. & K.W. VAN DORT, 2000. Het Ravensbosch. In: P.W.F.M. Hommel & M.A.P. Horsthuis (red.), Excursieverslagen 1997. Plantensociologische Kring Nederland, Leersum: 12-17.
- JANSSEN, J.A.M. & J.H.J. SCHAMINÉE, 2003. Europese Natuur in Nederland. Habitattypen. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- KUIPER, P.J.C., 1956. Vegetatiekundig onderzoek in het Ravensbos (Z.L.). Laboratorium voor plantensystematiek en -geografie, Wageningen.
- MAAS, F.M., 1959. Bronnen, Bronbeken en Bronbossen van Nederland, in het bijzonder die van de Veluwezoom. Mededelingen Landbouwhogeschool 59. Landbouwhogeschool, Wageningen.
- MINISTERIE VAN LANDBOUW, NATUUR EN VOEDSELKwaliteit, 2008. Profielendocument H7220 met Leeswijzer en Toelichting. Rapport Directie Kennis, Ede.
- SCHAMINÉE, J.H.J., A.F.H. STORTELDER & V. WESTHOFF, 1995. De Vegetatie van Nederland. Deel 1. Inleiding tot de plantensociologie - grondslagen, methoden en toepassingen. Opulus Press, Leiderdorp.
- SIEBEL, H.N., 2005. Indicatiegetallen van blad- en levermossen. IBN-rapport 047. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.
- SIEBEL, H.N., B.F. VAN TOOREN, H.M.H. VAN MELICK, A.C. BOUMAN, H.J. DURING & K.W. VAN DORT, 2000. Bedreigde en kwetsbare mossen in Nederland. Basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. *Buxbaumiella* 54: 1-86.
- SIEBEL, H.N., H.J. DURING & H.M.H. VAN MELICK, 2005. Standaardlijst van de Nederlandse blad-, lever- en houwmossen [Checklist of Dutch Bryophytes and Liverworts]. *Buxbaumiella* 73.
- SIEBEL, H.N., R.J. BIJLSMA & D. BAL, 2006. Toelichting op de Rode Lijst Mossen. Rapport DK nr. 2006/034. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Directie Kennis, Ede.
- SIEBUM, M.B., J.H.J. SCHAMINÉE & E.J. WEEDA, 1995. Montio-Cardaminetea (Klasse der bronbeekgemeenschappen). In: Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, De vegetatie van Nederland. Deel 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Opulus Press, Uppsala.
- VISSER, N., 2009. Travertinführende Quellen in Süd-Limburg. Geogene und anthropogene Einflüsse. Diplomarbeit. Lehr- und Forschungsgebiet Hydrogeologie der RWTH, Aachen.
- WEEDA, E.J., H. DE MARS & S.M.A. KEULEN, 2011. Kalkmoeras in Zuid-Limburg. *Natuurhistorisch Maandblad* 100 (11): 233-242.