

MONITORING

TUFBRONNEN (H7220)

2019

Colofon

Opdrachtgever: Provincie Limburg
Titel: Monitoring tufbronnen (H7220) 2019
Datum: Mei 2019
Auteur: K.W. van Dort

Forestfun
Leeuweriksweide 186
6708 LN Wageningen
Nederland
0620599375
klaasvandort@online.nl

HabitatVision A/S
Rørvangen 2B
8520 Lystrup
Denemarken
00452871 5739
eau@habitatvision.dk



Inhoudsopgave

1	INLEIDING	7
1.1	Kalktuffbron - Prioritair habitatype H7220	
1.2	Definitie H7220	
1.3	Kwaliteit H7220	
1.4	Instandhoudingsdoelstelling H7220	
2	INVENTARISATIE VEGETATIE EN OPPERVLAKTEMETINGEN	10
2.1	Inventarisatie vegetatie	
2.2	Oppervlaktemetingen Geveerd diknerfmos	
2.3	Oppervlaktemetingen kalktuf	
3	RESULTATEN 2019	11
3.1	Inventarisatie vegetatie	
3.2	Oppervlaktemetingen Geveerd diknerfmos	
3.3	Oppervlaktemetingen kalktuf	
3.4	Overige abiotische parameters	
4	KWALITEIT H7220 PER DEELGEBIED IN DE PERIODE 2011 – 2019	17
4.1	Kasteelpark Elsloo	
4.2	Lage bos	
4.3	Hooge bos	
4.4	In de Breuk	
4.5	Slingerberg	
4.6	Bron Welleput	
4.7	Noorbeemden-Hoogbos	
4.8	Ravensbos	
4.9	Terziet	
4.10	Putbergbron	
5	PROTOCOL MONITORING KALKTUFBRONNEN H7220	28
	Proefvlakgrootte	
	Afbakening proefvlak	
6	LITERATUUR	29
7	BIJLAGEN	31

SAMENVATTING

In 2019 zijn 191 als habitatype kalktufbron (H7220) aangemerkte bronlocaties onderzocht in de Natura 2000-gebieden Bunder- en Elslooërbos, Geuldal, Kunderberg en Noorbeemden en Hoogbos. Het onderzoek omvatte per locatie een beoordeling van lichtklimaat, debiet en kalktufhoedanigheid en een beschrijving van de bronvegetatie met nadruk op de kwalificerende bladmossoorten Beekdikkopmos, Gewoon en Geveerd diknerfmos. De oppervlakte kalktuf en de omvang van de populaties van het kritische bladmos Geveerd diknerfmos zijn ingemeten en digitaal vastgelegd. De totale oppervlakte van habitatype H7220 in Nederland bedraagt 1,12 hectare. Vierentwintig locaties zijn geselecteerd voor het monitoringsprogramma.

In totaal voldeden 143 bronnen en bronbeken aan de eisen van H7220. In Ongeveer driekwart van de kalktufbronnen is de staat van instandhouding van het habitatype *slecht*. Het gaat om 'blubberbronnen' met een klein debiet waar nauwelijks actieve tufvorming plaatsvindt. Het habitatype is nog relatief goed ontwikkeld in de Natura 2000-gebieden Noorbeemden en Hoogbos en in het Bunder- en Elslooërbos. Volgens de internationale maatstaven gaat het echter zelfs bij de Nederlandse toplocaties om soortenarme vormen van H7220. Het kritische bladmos Geveerd diknerfmos ontbreekt veelal. Twee andere kwalificerende mossen, Gewoon diknerfmos en Beekdikkopmos, zijn wel talrijk. In navolging van bevindingen in de ons omringende landen wordt Tufmos voor Nederland als vierde kwalificerende bladmos aangemerkt.

Vooraf Gewoon diknerfmos reageert positief op verhoogde nitraatwaarden. Dat is de reden dat de kwaliteit van H7220 van bronnen met deze storingsindicator in 2019 naar beneden is bijgesteld (tijdens de eerste inventarisatieronde in 2011 werd een weelderige mosmat van Gewoon diknerfmos nog positief gewaardeerd).

Zesentwintig bronlocaties konden niet worden heropgenomen. De proefvlakken bleken niet meer exact te localiseren of waren onbereikbaar in verband met de onbegaanbaarheid van het terrein (stormchaos). Zeventien bronnen zijn onder water verdwenen als gevolg van beveractiviteit.

CONCLUSIES

- Het Natura 2000-gebied Bunder- en Elslooërbos herbergt verreweg de meeste Nederlandse kalktufbronnen. Habitatype H7220 beslaat hier ruim 10.000 m² op een totaal van 11.112 m².
- Het merendeel van de kalktufbronnen ligt binnen de omgrenzing van het Bosreservaat Bunderbos waar een beheer van nietsdoen geldt.
- Het middengedeelte van het Lage bos is de toplocatie van H7220 in Nederland. Hier bevindt zich bijna een derde van de Nederlandse populatie van het kritische kwalificerende bladmos Geveerd dikkopmos.
- Naar internationale maatstaven is de kwaliteit van H7220 in Nederland zowel biotisch als abiotisch matig tot slecht.
- Berekend over 91 opnamelocaties is de gemiddeld soortensamenstelling van de bronvegetaties constant gebleven ten opzichte van 2011. Uit de herinventarisatie kwamen op soortniveau wél veranderingen naar voren.
- Een trend per soort is gemeten over de periode 2011-2019 niet altijd met zekerheid aan te geven. Het beeld is vertroebeld omdat tijdens de herinventarisatie in 2019 de

(precieze) opnameplek vaak niet kon worden gelocaliseerd, ook al omdat op veel plaatsen de groeiplaats door omgevallen bomen is verstoord.

- Nader onderzoek is gewenst om te bepalen of de toename van algen samenhangt met de verhoogde nitraatwaarden in kalktufbronnen, en zo ja, welke soorten als indicatief voor eutrofiëring moeten worden beschouwd.
- Bij kalktufbronnen is het schatten van mosbedekkingen volgens de Braun-Blanquet methode in niet scherp omgrensde proefvlakken ongeschikt voor monitoring.
- Een consistente protocolaire aanpak is noodzakelijk om veranderingen in zowel de kwaliteit als de kwantiteit van H7220 in beeld te brengen.
- De belangrijkste *problemen* en *bedreigingen* met betrekking tot H7220 zijn:
 - Stijging grondwaterpeil door ingrepen in de waterhuishouding (peilverhoging Elslooërbos).
 - Stijging oppervlaktewaterpeil als gevolg van beveractiviteit (Lage bos en Hooge bos Poortlossing).
 - Vermindering van debiet (verdroging).
 - Strooiselophoping als gevolg van vermindering van het debiet en toegenomen kroonsluiting van het bos.
 - Toestroom verontreinigd oppervlaktewater in perioden met piekafvoer (Hooge bos Molenbeek)
 - Versnelde waterafvoer door loodrecht op de helling gegraven beeklopen (Lage bos).
 - Uitbreiding van klimop, nitrofiële vaatplanten en algen.



Afbeelding 1. Draadalgen overgroeien een pluk Beekdikkopmos op kalktuf in een bronbeek.

DEELGEBIEDEN IN HET KORT

Kasteelpark Elsloo

Van de 14 onderzochte bronlocaties in Kasteelpark Elsloo voldoet de helft niet aan de eisen voor H7220. De kwaliteit van de wel gekwalificeerde bronnen is *slecht*. Van de kwalificerende mossen is de minst exclusieve bronsoort, Gewoon diknerfmos, het meest talrijk, terwijl het kritische Geveerd diknerfmos ontbreekt. De situatie in 2019 is verslechterd ten opzichte van 2011. Het debiet is op veel plaatsen teruggelopen met als gevolg uitbreiding van Klimop in het bronmilieu.

Lage bos

Bij de kwaliteitstoets scoort het middengedeelte van het Lage bos ongewoon goed. Nergens anders wordt in Nederland zo veel Geveerd diknerfmos aangetroffen. De kwaliteit van de meeste bronlocaties valt echter in de categorie *slecht*. Op sommige locaties werden in de verschillende jaargangen grote afwijkingen in de bedekking van soorten geconstateerd. Deze zijn niet eenduidig te relateren aan reële verschuivingen in de soortensamenstelling. Lokaal is de groeiplaats door windworp verstoord of heropname vond niet op exact dezelfde locatie plaats. Een tiental kwelplekken en beekloopjes langs het vlonderpad is onder water verdwenen sinds de peilverhoging in het Elslooërbos.

Hooge bos

De noordelijke helft van het Hooge bos herbergt een stelsel van bronbeken en blubberbronnen. Kwalificerende mossen zijn mondjesmaat aanwezig, de tufoppervlakte is echter ontoereikend voor kwalificatie als H7220. Ook als de waterkwaliteit drastisch verbetert en/of het debiet sterk toeneemt is het zeer de vraag of deze locaties de potentie hebben om zich tot echte kalktufbronnen te ontwikkelen. In het sterk geaccidenteerd zuidelijke deel van het Hooge bos bevinden zich tufplateaus en bronbeken met tufbanken van goede kwaliteit. Verstoring van de bronlocaties door natuurlijke bosdynamische processen maken vergelijking van de opnames tussen beide jaargangen op veel plaatsen onbetrouwbaar. Als ernstige bedreiging van het habitatype in het dal van de Hemelbeek geldt de toestroom van verontreinigd oppervlaktewater, inclusief bodemmateriaal, uit de aangrenzende landbouwpercelen. Zeventien bronlocaties zijn onder water verdwenen sinds de Poortlossing door bevers is afgedamd.

In de Breuk

In de Breuk herbergt vele bronlocaties op korte afstand van elkaar. De kwaliteit van H7220 wisselt sterk van plaatst tot plaats. De meeste bronnen en kwelplekken in het dal van de Waalse beek zijn in beide jaargangen beoordeeld als *slecht*. De omvangrijke tufplateaus, vaak met veel Geveerd diknerfmos, komen daarentegen als *goed* uit de bus. De plateaus langs de middenloop van de Molenbeek scoren *matig*, langs de bovenloop *slecht*. Met uitzondering van de verdroging van de bronnen op de flank van de Sniijdersberg zijn in de periode 2011-2019 geen veranderingen geconstateerd die van negatieve invloed zijn op de staat van instandhouding van H7220.

Slingerberg

Een bovengemiddeld hoog percentage kalktufbronnen scoort *goed* in Slingerberg, vooral in de zuidelijke helft van het deelgebied. De abiotische omstandigheden voor H7220 zijn er relatief gunstig. Het bos herbergt belangrijke bronpopulaties van Geveerd diknerfmos, en van het zeldzame levermos Groot

varentjesmos. Een negatief aspect is de achteruitgang van een in 2011 nog weelderig met Geveerd diknerfmos begroeid tufplateau. Dit verlies wordt gecompenseerd door de plotselinge verschijning van Geveerd diknerfmos op een nabijgelegen tufplek nadat een berk was omgewaaid. Verder zuidwaarts zijn in 2019 bosrandbomen gekapt. Wellicht zal de populatie van Geveerd diknerfmos van de ingreep profiteren.

Bron Welleput

De kwaliteit van H7220 in het deelgebied Bron Welleput is over het algemeen *goed*. In de periode 2011-2019 is geen achteruitgang geconstateerd. Geveerd diknerfmos is nog steeds talrijk in bronbeken en vooral op de tufplateaus. Locatie W71 is in 2019 vrijgesteld van beschaduwing en leent zich dus uitstekend voor vervolgonderzoek naar ontwikkeling van bronvegetaties onder lichtrijke omstandigheden. Speciale attentie verdient de ontwikkeling van algen. De begaanbaarheid van het natte bronbos in noordelijk deel was door omgevallen bomen zodanig teruggelopen dat de locaties in 2019 niet konden worden herbemonsterd.

Putbergbron

De Putbergbron werd in 2011 als een kwalitatief *slecht* voorbeeld van H7220 beschouwd. Hoewel de bronvegetatie ten opzichte van 2011 weinig of niet is veranderd is de beoordeling in positieve zin drastisch bijgesteld omdat in de waterval aan het eind van de tufgoot een bijzondere mosbegroeiing met Tufmos is ontdekt. De aanwezigheid in de Putbergbron vormde de aanleiding om Tufmos als Nederlands vierde kwalificerend bladmos voor H7220 aan te merken. Bronkop en tufgoot inclusief waterval zijn in het monitoringsprogramma opgenomen.

Noorbeemden

De meeste bronlocaties in het dal van de Noor voldoen aan het eisenpakket van H7220. Behoudens een enkel bronbeektraject is de staat van instandhouding *slecht* of *matig*. De populatie van Geveerd diknerfmos ter weerszijden van de grens met België gaat sterk achteruit als gevolg van wroetwerk van wilde zwijnen. In het Hoogbos wordt niet meer aan de abiotische eis van actieve tufafzetting voldaan.

Ravensbos

In de bronlocaties in het Ravensbos zijn Beekdikkopmos en Gewoon diknerfmos mondiaans aanwezig. Geveerd diknerfmos ontbreekt. Actieve tufafzetting is minimaal, behoudens in enkele bronbeken en op de tufplateaus. De staat van instandhouding van H7220 is *slecht*. De bronnen en bronlopen met alleen Gewoon diknerfmos kwamen in 2011 kwalitatief nog als *matig* uit de bus. De waardering is basis van de in het onderhavige rapport aangescherpte eisen naar beneden bijgesteld. In de loop van 10 jaar is aan de staat van instandhouding van H7220 in het Ravensbos weinig of niets veranderd.

Terziet

De kalktufplateaus langs de oostgrens van deelgebied Terziet zijn kwalitatief als *slecht* beoordeeld. Het debiet is gering en Gewoon diknerfmos domineert de kwalificerende mosbegroeiing (toestroom van geëutrofeerd water uit de nabije omgeving?). De brede beddingen met fraaie etagewijs opgebouwde tufbanken van de bronbeken maken visueel wel veel indruk, maar moeten op grond van de tegenvallende mosbegroeiing als *matig* worden geclassificeerd. Geveerd diknerfmos ontbreekt. Als er meer licht op de bosgrond kan doordringen ontstaan wellicht kansen voor dit kritische bladmos. Er zijn in Terziet geen duidelijke verschillen vastgesteld in 2019 ten opzichte van 2011.

1 INLEIDING

1.1 Kalktufbron - Prioritair habitatype H7220

Kenmerkend voor tufbronnen is een combinatie van flora- en fauna-elementen gespecialiseerd in een leven in kalkrijk milieu onder permanent natte omstandigheden. Het betreft een kwetsbaar ecosysteem dat doorgaans slechts een geringe oppervlakte beslaat en extra gevoelig is voor veranderingen in het milieu. Kalktufbronnen zijn daarom in de Europese Habitatrichtlijn opgenomen als prioritair habitatype H7220, voluit 'Kalktufbronnen met tufsteenformatie (*Cratoneurion*)'.

1.2 Definitie H7220

Volgens het 'Profielendocument H7220' (Ministerie van LNV 2008) kwalificeert een bron of bronbeek als habitatype H7220 indien wordt voldaan aan twee criteria:

- 1- Er treedt nog actief tufvorming op.
- 2- Minstens één van de volgende bladmossen is present:
 - Beekdikkopmos (*Brachythecium rivulare*),
 - Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*),
 - Gewoon diknerfmos (*Cratoneuron filicinum*).

Het *abiotische* criterium in de definitie werd door Ivo Raemakers van *Ecologica* (2014) als volgt aangescherpt: alle bronnen en bronbeken met kwalificerende mosbegroeiing worden pas als H7220 aangemerkt indien kalktuf met een minimaal aaneengesloten oppervlakte van 10 m² aanwezig is op dood materiaal zoals stenen en takjes. Situaties met kalktuf uitsluitend op vaatplanten of mossen, worden dus niet als H7220 beschouwd. Bronnen met minder dan 10 m² kalktuf evenmin.

De beoordeling van de *biotische kwaliteit* van H7220 in het Profielendocument is vooral gebaseerd op de soortensamenstelling van de moslaag. Binnen Nederland is alleen Geveerd diknerfmos exclusief voor het habitatype (Van Dort & Weeda 2017; Van Gennip et al. 2007). Beekdikkopmos en Gewoon diknerfmos zijn wijd verbreid en niet gebonden aan het tufbronmilieu (www.verspreidingsatlas.nl). Hoewel de ecologische indicatiegetallen van de drie kwalificerende mossen elkaar voor nutriënten weinig ontlopen (Siebel 2005; Bijlage 1), wordt alleen Gewoon diknerfmos als indicatief voor hoge nitraatconcentraties aangemerkt: 'presentie en abundantie van Gewoon diknerfmos nemen significant toe met de nitraatbelasting!' (De Mars et al. 2017). Gewoon diknerfmos geldt dus als kwalificerend voor H7220 en is tegelijkertijd indicatief voor een slechte kwaliteit van het habitatype. Met geringe bedekking kan de soort wel optreden in bronnen en bronlopen van matige of goede kwaliteit. In Duitsland wordt ook Watervalmos als een negatieve indicator beschouwd (Fachinformationssystem Kartieranleitungen in Nordrhein-Westfalen 2019). Onder Nederlandse omstandigheden zijn met Watervalmos geen metingen verricht. Afgaande op het nutriëntengetal verdraagt Watervalmos eutrofiëring beter dan de andere kwalificerende mossen. Opvallend is dat Watervalmos in het Lage bos niet zeldzaam is, terwijl het in de schonere bronbeken in het Noordal ontbreekt. Beekdikkopmos is evenmin exclusief voor H7220. Dit bladmos vertoont in Nederland vooralsnog geen positieve reactie op eutrofiëring; zie echter Lyons & Kelly 2016. In de ons omringende landen geldt Beekdikkopmos, evenals Geveerd diknerfmos, als indicatief voor de bronnen met een goed ontwikkelde mosflora (De Mars et al. 2016). Elders in Europa wordt Tufmos (*Eucladium verticillatum*) als kwalificerend opgevoerd (Decleer 2007; Oosterlynck & Van Landuyt 2012). In Nederland groeit dit bladmos

echter nagenoeg uitsluitend op beschaduwde vochtige mergel buiten het tufbronmilieu. Alleen in de Putbergbron vormt Tufmos dikke kussens op permanent natte mergel. Op grond hiervan is Tufmos ook voor Nederland als kwalificerend erkend. In overleg met Ivo Raemakers en Leo Spoormakers is de inhoud van habitatype H7220 aangescherpt. De definitie luidt nu als volgt:

Er wordt tuf afgezet op dood materiaal (stenen en takjes) over een oppervlakte van minstens 10 m² én minimaal één van de bladmossen Beekdikkopmos, Geveerd diknerfmos, Gewoon diknerfmos of Tufmos is present.

1.3 Kwaliteit H7220

Volgens het Profielendocument is de staat van instandhouding van H7220 in Nederland 'matig ongunstig'. Een nadere invulling van biotische en abiotische kwaliteit onder Nederlandse omstandigheden is gegeven door Van Dort (2011a en 2011b) en Raemakers (2014). Naar presentie van kwalificerende mossen en de (gesommeerde) bedekking worden voor H7220 drie kwaliteitscategorieën onderscheiden: *slecht*, *matig* en *goed*. Tijdens de eerste inventarisatieronde in 2011 is geen rekening gehouden met de door De Mars et al. (2016) aangetoonde positieve reactie van Gewoon diknerfmos op eutrofiëring. Met de kennis van nu moet de kwaliteit van kalktufbronnen met Gewoon diknerfmos in veel gevallen worden aangepast.

In de Nederlandse bronnen blijkt de dichtheid van de kwalificerende mossen over het algemeen gering. In het buitenland komen vlakdekkende mosbegroeiingen vaak voor. Bij de inventarisatie van kalktufbronnen verspreid in Midden-Europa wordt voor de kwaliteitsklasse *goed* door De Mars et al. (2016) een ondergrens gehanteerd van 50 procent mosbedekking. Deze grenswaarde wordt in Nederland vrijwel nergens gerealiseerd. Onder de (suboptimale) Nederlandse omstandigheden bestaat de moslaag meestal uit enkele exemplaren op enkele decimeters afstand van elkaar, of uit veel verspreide plukjes. De inhoud van de drie kwaliteitscategorieën van H7220 is op twee punten aangescherpt (zie kader). Ten eerste wordt afgezien van de positieve beoordeling van een hoge bedekking van Gewoon diknerfmos. Ten tweede wordt de (gesommeerde) bedekking van de kwalificerende soorten meegewogen, waarbij de bedekking van Gewoon diknerfmos *niet* meeteld. De grens tussen *matig* en *goed* is getrokken bij een totale kwalificerende mosbedekking van 10 procent. Dit bedekkingspercentage komt in de praktijk ongeveer overeen met het ontstaan van een min of meer aaneengesloten mosdek.

- **Alleen Gewoon diknerfmos present.**
 - H7220 *slecht* ontwikkeld ongeacht de mosbedekking.
- **Beekdikkopmos, Tufmos en/of Geveerd diknerfmos present. Gewoon diknerfmos al dan niet aanwezig:**
 - Hier en daar een plukje mos aanwezig, onderlinge afstand bedraagt enkele decimeters. Gesommeerde bedekking Beekdikkopmos, Tufmos en/of Geveerd diknerfmos < 5%: H7220 *slecht* ontwikkeld.
 - Maximaal een vijftigtal, verspreide plukjes of kleine moszoden op 10 m². Gesommeerde bedekking Beekdikkopmos, Tufmos en/of Geveerd diknerfmos tussen 5 en 10%: H7220 *matig* ontwikkeld.
 - Mossen in min of meer aaneengesloten zoden. Gesommeerde bedekking Beekdikkopmos, Tufmos en/of Geveerd diknerfmos > 10%: H7220 *goed* ontwikkeld.

De herdefiniëring heeft als logische consequentie dat voor veel H7220-locaties de in 2011 toegekende staat van instandhouding in negatieve zin moet worden bijgesteld. De categorie *slecht* is in 2019 veel vaker toegekend dan in 2011. Een bron of bronbeek met *alleen* Gewoon diknerfmos wordt nu *altijd* als *slecht* beoordeeld, ook bij omvangrijke populaties. Locaties scoren ook *slecht* indien de (gesommeerde) mosbedekking van Beekdikkopmos en/of Geveerd diknerfmos minder dan 5% bedraagt, ongeacht de bedekking van Gewoon diknerfmos. Dit is van toepassing op alle eensoortige begroeiingen waar de schattingscode r, +, 1 of 2m is toegekend aan Beekdikkopmos dan wel Geveerd diknerfmos of Tufmos. Evenzo vallen locaties met code 2b of hoger voor deze kwalificerende mossoorten in de categorie *goed*. Zo is bijvoorbeeld de Putbergbron positief beoordeeld op grond van de hoge bedekking van Tufmos.

1.4 Instandhoudingsdoelstelling H7220

In de officieel bij de Europese Commissie aangemelde Natura 2000-gebieden is het rijk verplicht tot het in een gunstige staat van instandhouding brengen en houden van habitattypen met kwetsbare plant- en diersoorten. Wat habitatype H7220 aangaat impliceert de instandhoudingsdoelstelling *behoud van oppervlakte*, en *behoud of verbetering van kwaliteit* (presentie/frequentie van kwalificerende mossoorten). De beginsituatie per bron of bronnencomplex dient dus zo nauwkeurig mogelijk te zijn bepaald (nulmetingen). Vervolgens is periodieke controle van het tufbronmilieu noodzakelijk (monitoring). Om de 5 jaar wordt getoetst of de staat van instandhouding van het habitatype voldoet aan de instandhoudingsdoelstellingen. De staat van instandhouding van H7220 wordt vervolgens aan de Europese Commissie gerapporteerd. Voor alle kalktufbronnen in de daarvoor aangewezen Natura 2000-gebieden in Nederland is *Behoud van areaal* vereist. Verder dient de *huidige kwaliteit behouden* te blijven voor de bronnen in het Natura 2000-gebied Geuldal. Voor de Natura 2000-gebieden Bunder- en Elslooërbos en Noorbeemden en Hoogbos ligt de lat hoger. Hier is *verbetering van de kwaliteit* H7220 aan de orde (De Mars et al. 2016). Ingrepen in het bos rondom kalktufbronnen zijn overigens alleen in uitzonderlijke gevallen aan de orde. Het merendeel van de locaties ligt binnen de grenzen van het Bosreservaat Bunderbos (nummer 53; Wageningen Environmental Research; Bijlage 2). Het onderzoeksprogramma richt zich onder meer op ontwikkelingen in de bosstructuur op lange termijn (Broekmeyer 1999). Sinds de instelling in 1998 is in de boomlaag van het bosreservaat veel veranderd. Met name in het middengedeelte van het Lage bos, waar zich het zwaartepunt van H7220 bevindt, trad in 2019 veel windworp op. Welke invloed de spontane bosontwikkeling heeft op de soortensamenstelling van de kruidlaag is niet te zeggen omdat er nog geen herhalingsonderzoek in het bosreservaat heeft plaatsgevonden. Ook is niet bekend welke bronbeken hun loop hebben verlegd en wat daarvan het effect is op de kwaliteit van H7220.

2 INVENTARISATIE VEGETATIE EN OPPERVLAKTEMETINGEN

De Nederlandse tufbronnen zijn in 2011 systematisch onderzocht (Van Dort 2011a en 2011b). Het onderzoek betrof in totaal 288 bronnen en bronbeken, bijna allemaal gelegen in Natura 2000-gebieden (zie EXCEL-file).

De meeste bronnen zijn fotografisch in beeld gebracht, meestal met per bron een detail van de bronvegetatie, een foto in stroomopwaartse richting en een foto stroomafwaarts.

2.1 Inventarisatie vegetatie

In ongeveer driekwart van de locaties met tuf werden in 2011 een of meerdere kwalificerende mossoorten aangetroffen. Op grond van de aanwezigheid van actieve kalktufvorming in combinatie met een kwalificerende mosbegroeiing zijn 185 bronnen of bronbeken aangemerkt als H7220 conform de vereisten in het Profielendocument. Deze locaties zijn geselecteerd voor het herhalingsonderzoek in 2019. De bronnen bij Waterval en Vliek vallen buiten de begrenzing van Natura 2000 en zijn daarom niet bij een tweede ronde betrokken, evenals de niet kwalificerende bronnen op de Goudsberg en in het Kloosterbos.

2.2 Oppervlaktemetingen Geveerd diknerfmos

De oppervlakte van Geveerd diknerfmos in de Noorbeemden is te schatten op basis van de door Ecologica verzamelde gegevens (Raemakers 2014). In 2019 is de omvang van alle populaties van Geveerd diknerfmos in het Bunder- en Elslooërbos en de Putbergbron bepaald. De oppervlakte is ingemeten met een Garmin GPS-Oregon 750t en vastgelegd in eenheden van 10 x 10 centimeter (Aude et al. 2019). Geïsoleerde mosplukken zijn ingemeten als puntlocatie, min of meer aaneengesloten mosmatten zijn afgegrensd als polygoon. Aanvullend is op locaties met Geveerd diknerfmos de oppervlakte van Beekdikkopmos en/of Gewoon diknerfmos bepaald.

2.3 Oppervlaktemetingen kalktuf

Tijdens de eerste inventarisatieronde is *kalktuf* (travertijn) vastgesteld op 249 locaties. De oppervlakte van de tufafzettingen is in 2011 op het oog geschat. Er zijn echter geen metingen verricht. Om onderbouwde uitspraken te kunnen doen over trends in de abiotische kwaliteit van het habitatype dient de oppervlakte van het habitatype nauwkeurig bekend te zijn. De nulmetingen voor 22 tufbronnen in de Noorbeemden, het Ravensbos en het bronnetjesbos bij Terziet zijn in opdracht van de Provincie Limburg verricht door Raemakers (2014). De gemeten oppervlakte van H7220 is digitaal vastgelegd in ARCGIS. In 2019 zijn de ontbrekende oppervlaktemetingen uitgevoerd in het Bunder- en Elslooërbos en de Putbergbron.

3 RESULTATEN 2019

Het herhalingsonderzoek in 2019 omvatte 185 bronlocaties. Hiervan liggen er 159 in het Bunder- en Elslooërbos, 1 op de Kunderberg, 8 in het Ravensbos, 7 in het bronnetjesbos bij Terziet en 10 in de Noorbeemden (zie EXCEL-file). Van de in 2011 geselecteerde bronnen waren er zeventien inmiddels onder water verdwenen als gevolg van beveractiviteit. Een zestal opnamelocaties bleef onbereikbaar omdat na de extreem zware stormen in het voorjaar van 2019 een wirwar van omgevallen bomen en wortelkluiten de voortgang verhinderde. In veel gevallen kon de oorspronkelijk bronlocatie in 2019 niet worden teruggevonden. De meeste bronlocaties waren in 2011 met houten paaltjes gemarkeerd. De proefvlakken zelf zijn in 2011 niet afgebakend. Vrijwel alle paaltjes bleken in 2019 verdwenen. De proefvlakken zelf zijn in 2011 niet afgebakend. Weliswaar waren de coördinaten van alle bronlocaties bekend, maar de nauwkeurigheid van de gebruikte GPS laat in bossen regelmatig te wensen over. Vooral onderaan steile hellingen waar vele bronnen op korte afstand van elkaar liggen bleek het onmogelijk om de opnameplekken terug te vinden.

3.1 Inventarisatie vegetatie

De *soortensamenstelling* van de bronvegetatie bleef in de periode 2011-2019 constant (Tabel 1). De *bedekking* van de soorten laat wel markante verschillen zien. De geschatte populatieomvang van Beekdikkopmos en Gewoon diknerfmos komt in 2019 aanmerkelijk lager uit dan in 2011, terwijl de van Geveerd diknerfmos iets is gestegen (zie EXCEL-file). Het is uiterst onwaarschijnlijk dat de cijfers een reële af- dan wel toename per soort weerspiegelen. De schatting zal relatief nauwkeurig zijn op de locaties die qua H7220-kwaliteit *slecht* scoren. Kenmerkend is een klein en homogeen proefvlak (omvang gewoonlijk van 1 tot 2 m²) en een begroeiing die uit slechts enkele plukjes mos bestaat. Hoewel dergelijk relatief droge blubberbronnen (zie 3.4) aantalsmatig de boventoon voeren in de dataset (bijna de helft), levert de moslaag van dit brontype slechts een geringe bijdrage aan de bedekking. Het omgekeerde is het geval op de *tufplateaus*. Plateaus zijn in beide jaargangen met iets meer dan 10 procent van het totaal vertegenwoordigd, namelijk 22 respectievelijk 24 locaties. Hier vormen mossen uitgestrekte aaneengesloten matten van soms wel tientallen vierkante meters. Een geringe afwijking van de bemonsterde proefvlakgrootte sorteert dan al gauw een groot effect op het aantal vierkante meters dat de moslaag bedekt. Van doorslaggevende invloed op de cijfers is de beperkte dataset. De gesommeerde bedekking van de kwalificerende mossen is in 2019 gebaseerd op slechts 139 opnamen (tegenover 185 in 2011). Zesenvestig locaties tellen niet meer mee omdat de bron niet meer kwalificeert als habitatype, of omdat de opnameplek niet meer kon worden gelocaliseerd.

Van 91 bronnen of bronbeken is de (mos)vegetatie in detail beschreven volgens de eveneens in 2011 toegepaste standaardmethode. In 2019 zijn in totaal 31 mossoorten vastgesteld (8 levermossen en 23 bladmossen), 4 korstmossen en 30 vaatplanten. Gemiddeld is Beekdikkopmos in 2019 met een frequentie van 73% de meest algemene kwalificerende mossoort (Tabel 1). Op de tweede plaats komt Gewoon diknerfmos met 69%. Geveerd diknerfmos is veel minder algemeen. De aanzienlijke stijging in frequentie - van 21 naar 29% - hangt samen met het intensievere terreinbezoek tijdens de metingen in 2019. Tufmos is uitsluitend in de Putbergbron aangetroffen. Van de niet kwalificerende mossoorten is Kleisnavelmos het meest talrijk. Frequente begeleiders zijn Gewoon dikkopmos, Gerimpeld boogsterrenmos en Gekroesd plakkaatmos. De overige mossoorten zijn in minder dan 20% van de opnamen aanwezig. Vaatplanten spelen een ondergeschikte rol in het

kalktufbronmilieu. Net als in 2011 zijn in 2019 de 'bronsoorten' Bittere veldkers en Paarbladig goudveil relatief talrijk, evenals de 'bossoorten' Speenkruid en Pinksterbloem. Ze mijden de harde kalktuf en realiseren alleen een substantiële bedekking (maximaal 20%) langs blubberbronnen en op modderige tufplateaus. In alle deelgebieden komen storingsindicatoren voor. Klimop en Grote brandnetel zijn het meest frequent. Algen (vermoedelijk gaat het om verschillende soorten) zijn eveneens wijd verbreid. Ten opzichte van 2011 is de frequentie van algen in kalktufbronnen flink gestegen. De identiteit van de algen is overigens niet vastgesteld. Het zou kunnen gaan om nitrofiële *Vaucheria*- of *Cladophora*-soorten, of om soorten met een sterke binding aan voedselarm stromend water, bijvoorbeeld draadalgen van het geslacht *Batrachospermum*.

Tabel 1. Vergelijking soortgroepen 2011 en 2019. Frequentie per soort in % (N=91).

	2011	2019		2011	2019
Aantal mossoorten totaal	30	31	Aantal vaatplanten totaal	27	30
Kwalificerende mossen			Vaatplanten bronnen	%	%
Beekdikkopmos	81	73	Bittere veldkers	35	31
Gewoon diknerfmos	70	69	Paarbladig goudveil	27	25
Geveerd diknerfmos	21	29	Reuzenpaardenstaart	8	9
Tufmos	0	1	Vaatplanten voedselrijk bos		
Begeleidende mossen			Speenkruid	45	38
Kleisnavelmos	82	74	Pinksterbloem	27	31
Gewoon dikkopmos	49	44	Robertskruid	13	13
Gerimpeld boogsterrenmos	29	27	Storingsindicatoren		
Gekroesd plakkaatmos	24	28	Klimop	29	33
Fijn laddermos	22	18	Grote brandnetel	16	13
Korstmossen	3	4	Ruw beemdgras	16	10
			Algen	3	13

3.2 Oppervlaktemetingen Geveerd diknerfmos

De oppervlakte van Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*) in Nederland bedraagt 46,54 m². Geveerd diknerfmos is nog wijd verbreid en plaatselijk talrijk in het Bunder- en Elslooërbos (Bijlage 3). Het merendeel van de populatie, 27,53 m², bevindt zich in een bronnencomplex in het middenste gedeelte van het Lage bos (Tabel 2). Ook in de Noorbeemden komen nog vitale populaties voor. Hier zijn bovendien in verschillende bronbeken nieuwe vestigingen vastgesteld. Geveerd diknerfmos ontbreekt in het Geuldal en op de Kunderberg.

3.3 Oppervlaktemetingen kalktuf

De totale oppervlakte habitattypen H7220 binnen de Natura 2000-gebieden in Nederland is 1,12 hectare (Tabel 2).

De oppervlakte van de *tufbedding* van bronbeken is betrekkelijk eenvoudig te meten door met de Garmin in de hand het midden van de beek te volgen over de gehele lengte van het te meten traject. Om de ongeveer 10 meter werd de (over grote lengte meestal constante) breedte van de bedding gemeten (nauwkeurigheid 0,25 cm), zodat de tufoppervlakte via de formule lengte x breedte betrekkelijk accuraat kan worden bepaald. Conform de methode Raemakers werd de tufoppervlakte van eventuele uit een bronkop ontspringende beekjes meegeteld zolang er kwalificerende mossen werden vastgesteld binnen een onderlinge afstand van 10 meter. De oppervlaktemeting werd pas stopgezet vanaf de plek waar tuf op dood materiaal

ontbrak (ook als stroomafwaarts nog kwalificerende mossen werden waargenomen), of als er over een afstand van meer dan 10 meter tufbedding kwalificerende mossen ontbraken.

Tabel 2. Oppervlakte Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*) en habitattype H7220 per Natura 2000-gebied.

	Geveerd diknerfmos	H7220
Bunder- en Elslooërbos		
Kasteelpark Elsloo	0	348
Lage bos	27.53	3349
Hooge bos	5.30	1140
In de Breuk	3.65	1995
Slingerberg	3.99	1343
Bron Welleput	6.07	2360
Totaal	46.54 m²	10533 m²
Geuldal*		
Ravensbos	0	135
Terziet	0	268
Totaal	0	403 m²
Noorbeemden en Hoogbos*		
Noorbeemden	3.1*	263
Kunderberg		
Putbergbron	0	13
H7220 Natura 2000-gebieden (NL)	49.64 m²	11212 m²

* Schatting ontleend aan Raemakers (2014).

Bij de relatief droge *tufplateaus* waren de doorgaans goed zichtbare scherpe grenzen tussen tufafzetting en bosbodem prima te volgen. Waar een sterk GPS-sigitaal behouden blijft zal een als polygoon vastgelegde tufoppervlakte geen grote afwijking vertonen. De nauwkeurigheid komt wel in het geding op plaatsen waar de voortgang wordt bemoeilijkt omdat bodem permanent met water is verzadigd, op steile hellingen (beperkt of geen GPS-sigitaal) en vooral daar waar een wirwar van omgevallen bomen omtrekkende bewegingen buiten de tufgrens noodzakelijk maakt. In dergelijke gevallen valt de puntenreeks rond het polygoon niet geheel samen met de werkelijke omtrek van het tufoppervlak. Overduidelijk met gebrekkig satellietcontact of onbegaanbaarheid van de locatie samenhangende afwijkingen zijn handmatig gecorrigeerd, hierbij gebruikmakend van de veldschetsen die voor iedere bron met de hand werden vervaardigd. Na het veldwerk werden de GPS-punten en polygonen met het QGIS-programma verwerkt. De omtrek van de tufafzettingen in het Bunder- en Elslooërbos, overeenkomend met de omgrenzing van H7220, is op kaart weergegeven in Bijlage 3.

3.4 Overige abiotische parameters

Conform de in 2011 gehanteerde methode is ook in 2019 een aantal abiotische parameters (ruw) geschat.

Hoedanigheid van kalktuf

In navolging van Van Dort (2011a en 2011b) zijn de kalktufafzettingen globaal in te delen in:

- **Lagen.** Dunne laagjes tuf op takjes en stenen in bronnen en traag stromende bronbeken. In situaties met gering debiet is de tufafzetting onderbroken en vaak (deels) met strooisel bedekt ('blubberbronnen'; zie Debiet), benedenstrooms van krachtige bronnen ontstaan in de regel ononderbroken tufbeddingen.

- *Banken.* Dikke tufafzetting in snelstromende bronbeken. Op sommige locaties zijn blauwgrijs getinte tufbanken ontstaan (geassocieerd met een hoge ouderdom van de tufafzetting), plaatselijk met meerdere etages boven elkaar en uitgegroeid tot een metershoge 'tufcascade'.
- *Plateau.* Meters brede tufafzetting bij bronkoppen en op kwelplekken. Vaak in situaties met gering debiet en dan modderig en (deels) met strooisel bedekt ('blubberbron').

Niet duidelijk is hoe de volgens het Profielendocument vereiste *actieve* kalktufvormig in het veld kan worden vastgesteld. Rond in het water terecht gekomen takjes van recent omgevallen bomen (de schors is nog aanwezig) is soms een dun laagje ruwe kalktuf zichtbaar, een bewijs dat het sedimentatieproces nog gaande is. Bij veel bronnen wordt de in het verleden afgezette kalktuf (gedeeltelijk) aan het zicht onttrokken door blubber en bladstrooisel. Op veel locaties waar nauwelijks water uit de bron sijpelt is recent geen actieve tufvorming vastgesteld. Deze bronnen kwalificeren niet (meer) als H7220.



Afbeelding 2. Actieve tufafzetting op in bronbeek gevallen tak.

In geval van de gladde tufbanken is onduidelijk of nog van een actief proces sprake is. Dezelfde vraag dringt zich op bij de met een laag tuf bedekte beddingen van snelstromende bronbeken, en bij de zogenaamde plateaus. In sommige nagenoeg droge beken zijn meerdere etages van tufbanken te zien. Deze imposante tufformaties wekken de indruk dat het debiet ten tijde van het ontstaan (in een ver verleden?) aanzienlijk groter moet zijn geweest. Of er actueel onder invloed van de beperkte watertoevoer nog veel tuf wordt af gezet is onwaarschijnlijk.

Debiet

Het Profielendocument meldt de combinatie van *permanente kwel* en *lage stroomsnelheid* van het uittredende water als kenmerk voor goed functionerende kalktufbronnen. Bij afname van het debiet loopt de turbulentie in bronwater terug met

als gevolg dat de tufafzetting wordt geremd. Het debiet is per bronlocatie globaal geschat. Debietcode '+' is toegekend aan bronnen of beeklopen met permanent oppervlakkig (snel) stromend water. Debiet code '-' is van toepassing op sijpelende bronnen en kwelplekken. Het water stroomt niet oppervlakkig af maar de bodem is wel permanent nat en blubberig. Moeilijk te kwalificeren zijn de 'blubberbronnen'. Bij dit type (van nature?) langzaam stromende bronnen met gering debiet is actieve tufafzetting uitermate gering. De tuflagen in de bronkop gaan schuil onder een laag blubber (erosiemateriaal van de helling boven de bronkop?) en langzaam verterend strooisel. Kenmerkend voor het benedenstroomse traject is een langgerekte, minder dan 1 meter brede vochtbaan met hier en daar boven de blubber uitstekende stenen of takjes bedekt door dunne laagjes kalktuf. Veel blubberbronnen kwalificeren niet als H7220 omdat de minimale tufoppervlakte van 10 m² niet wordt gerealiseerd. De omvangrijke blubberbronnen vallen in de categorie *plateau*.

Stroomsnelheid

Wat de *stroomsnelheid* betreft valt op dat snelstromende bronbeken nagenoeg mosloos zijn. Mospollen zijn beperkt tot smalle stroken ter weerszijden van de bedding, op de overgang tussen tuf en bosgrond. Hier wortelen ook de begeleidende vaatplanten. Als een van de weinige soorten is Gekroesd plakkaatmos wel in staat om tuf in snelstromend water te koloniseren, zoals onder meer in Terziet is geconstateerd. Dankzij hun uiterst dunne thalli zijn ook Waterstippelkorsten (aquatische korstmossen) zoals goed aangepast aan hoge stroomsnelheden.

Omgevallen bomen kunnen er de oorzaak van zijn dat bronbeken hun loop verleggen. Door de toegenomen turbulentie rond het boomlijk wordt bovendien in verhoogde mate actief tuf afgezet, zowel op de boom als op de reeds aanwezige keien en takken in het water. Waar stammen dwars in de beek zijn gevallen worden na verloop van tijd meerdere etages van *tufbanken* gevormd. Met name in het Lage bos, Bron Welleput en in Terziet zijn nog fraaie voorbeelden van dergelijke abiotisch als *uitstekend* te beoordelen tufformaties aanwezig. Het heeft er alle schijn van dat windworp een positieve bijdrage levert aan de abiotische kwaliteit van H7220.

Lichtklimaat

Soms wordt *beschaduwing* van de bron als ecologische randvoorwaarde verondersteld. Voor het lichtklimaat zijn zeer globaal drie categorieën opgesteld: schaduw (onder gesloten kronendak), halfschaduw (onder gat in het kronendak of aan de bosrand) en licht (locatie ligt buiten bos). Voor de kwalificerende mossen geldt toetreding van licht niet als ernstige bedreiging. Sterker nog: de kwaliteitsindicator Geveerd diknerfmos heeft een voorkeur voor groeiplaatsen met relatief veel (indirecte) zonnestraling en heeft meer moeite om vitale populaties te vormen in bos dan daarbuiten. Ook Gewoon diknerfmos groeit optimaal bij ruime toetreding van diffuus licht (halfschaduw). Beekdikkopmos verdraagt wel veel schaduw, maar zelfs deze 'bossoort' gedijt beter onder lichtrijke omstandigheden.

Stormen hebben in het voorjaar van 2019 heftig huisgehouden in Limburg, met name in het Bunder- en Elslööerbos. Honderden bomen zijn ontworteld en liggen kras over elkaar heen. Vooral Kasteelpark Elslöo, het Lage bos midden en het zuidelijk deel van het Hooge bos zijn zwaar getroffen. Langs de weg van Broekhoven naar Snijdersberg is na het omvallen van een berk een explosieve toename van Geveerd diknerfmos geconstateerd, terwijl de populatie in het gesloten bos verderop een kwijnend bestaan leidt. Monitoring zou meer licht kunnen werpen op het verband tussen populatieomvang van Geveerd diknerfmos en het lichtklimaat.

Verstorings op microschaal

Schoksgewijze veranderingen in het bodemreliëf kunnen ten grondslag liggen aan veranderingen in de loop van bronbeken. Een subtiel effect op ondergrondse waterstromen is mogelijk gekoppeld aan de vorming van diepe, watervoerende kuilen naast wortelkluiten van bomen die bij storm zijn omgewaaid. Dit fenomeen is zowel in het Lage als in het Hooge bos geconstateerd.

In hoeverre de activiteit van *gravende dieren* een rol speelt is onbekend. Aan de oostrand van het bronnetjesbos bij Terziet ligt een dassenburcht met een uitgebreid en dicht vertakt gangenstelsel. Is intensief graafwerk de oorzaak van het feit dat een in 2011 nog borrelende bron in 2019 is drooggefallen, terwijl enkele meters verderop een nieuwe kwelplek is ontstaan?

Eutrofiëring

Voedselarmoede is een andere belangrijke ecologische randvoorwaarde voor kalktufbronnen. De grootste bedreiging voor de kwaliteit van H7220 is eutrofiëring van het bronwater. Vergeleken met bronwater elders in Europa zijn de nitraatgehaltes in Nederland extreem hoog. Metingen in de periode 2014-2016 in het Bunder- en Elslooërbos lieten bijna overal een stijging zien van de nitraatwaarden (De Mars et al. 2017). Gewoon diknerfmos heeft hiervan geprofiteerd. Conform de landelijke trend zullen ook bramen, brandnetels en andere storingsindicatoren positief reageren op het verhoogde nutriëntenaanbod. Mogelijk vormen nitraattolerante algen een serieuze bedreiging voor bronvegetaties. Het eerste omvattende Nederlandse overzicht rept met geen woord over de aanwezigheid van algen in kalktufbronnen (Van Gennip et al. 2017). Recente inventarisaties wijzen uit dat algen inmiddels wijd verbreid zijn. De identiteit van de soort(en) is onbekend. Hoewel onmiskenbaar sprake is van een toename zijn er in 2019 nog geen concrete bewijzen gevonden dat nitrofiële algen de normale bronsoorten hebben verdrongen. Overigens zijn algen in tufbronnen geen recent verschijnsel. In de Putbergbron kwam in 2011 al een flinke populatie voor.

4 KWALITEIT H7220 PER DEELGEBIED IN DE PERIODE 2011 – 2019

Van de in 2019 geherinventariseerde deelgebieden is in de volgende paragrafen een korte algemene kenschets gegeven. Eventuele veranderingen in de staat van instandhouding van H7220 in de periode 2011–2019 worden kort aangestipt. De locatienummers verwijzen naar de EXCEL-file met een volledig overzicht van de opgenomen bronvegetaties (als apart bestand aangeleverd).

De kwaliteit van habitatype H7220 en de soortensamenstelling van de bronvegetatie worden tabellarisch weergegeven. De bedekking van de kwalificerende mossen Beekdikkopmos en Geveerd diknerfmos is het numerieke gemiddelde van de Braun-Blanquetcode:

De beoordeling van de staat van instandhouding tijdens de eerste inventarisatieronde is gebaseerd op de toenmalige indeling in *slecht* (S), *matig* (M) en *goed* (G). De inhoud van deze drie kwaliteitscategorieën is in 2019 aangescherpt (zie 1.3). In de tabellen staat per opnamelocatie zowel de oorspronkelijke inschatting als de beoordeling volgens de aangescherpte indeling vermeld. Voor monitoringslocaties is een rij toegevoegd, waarbij de markeerkleur de kwaliteit van H7220 in 2019 weergeeft: *slecht* = geel, *matig* = oranje en *goed* = groen.

4.1 Kasteelpark Elsloo

In het opgaande bos van Kasteelpark Elsloo (ook bekend onder de naam Kasteelpark Terhagen) ontspringt op de ongeveer noord-zuid verlopende helling een reeks van meer dan dertig bronnen. Ze zijn vrijwel allemaal van het type 'blubberbron'. De meeste bronnen kwalificeren niet als H7220 omdat de oppervlakte tuf niet aan de minimumeis van 10 m² voldoet, bijvoorbeeld T04. Bij de wel als habitatype gekwalificeerde bronlocaties is meestal Gewoon diknerfmos present, Beekdikkopmos is minder algemeen. De bedekking van de moslaag verschilt sterk van plaats tot plaats, maar blijft meestal ruim onder 5 procent (Tabel 4). Geveerd diknerfmos is niet bekend van Kasteelpark Elsloo. Blubberbronnen met uitsluitend Gewoon diknerfmos, indicatief voor eutrofiëring, zijn volgens de herziene definitie (zie 1.2) als *slecht* geclassificeerd (T05; Monitoringslocatie 1). Het lichtklimaat is rond T05 sterk gewijzigd. In maart 2019 zijn hier, en ook elders langs de hellingvoet, omgewaaide bomen weggehaald (stormvelling).

Tussen het hellingbos en de parkvijver ligt een bronruigte doorsneden door vier min of meer parallel verlopende bronbeken. Gewoon diknerfmos vormt uitgestrekte zoden (tientallen vierkante meters) op de drassige bodem. Beekdikkopmos is minder talrijk. De bronbeken zelf vertonen weinig begroeiing. De meest noordelijke bronbeek stroomt langs een peilbuis en een infopaneel ('bronnetjesbos'). Op met tuf bezette keien in de bronbeek komt de Zwarte waterstippelkorst voor, een zeldzaam aquatisch korstmos. Gewoon diknerfmos is niet goed opgewassen tegen de hoge stroomsnelheid en groeit vooral in een smalle zone ter weerszijden van de bedding (T07; Monitoringslocatie 2). Vanwege de vele plukken Gewoon diknerfmos is de kwaliteit van H7220 in 2011 als *matig* beoordeeld. Volgens de in 2019 aangescherpte definitie worden de bronbeken echter als *slecht* geclassificeerd, evenals alle andere bronlocaties in Kasteelpark Elsloo. In 2019 zijn twee nieuwe opnames gemaakt (T13 en T14; zie EXCEL-file) om te illustreren dat Klimop 'vanaf de zijlijn' met kruipende takken in het bronmilieu weet te penetreren.

Tabel 4. Vergelijking herhalingsopnamen Kasteelpark Elsloo.

Opnamenummer	T05	T05	T07	T07	T09	T09	T04	T13	T14
Opnamejaar	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2019	2019	2019
Kwaliteit H7220									
in 2011	S		M		S				
in 2019	S	S	S	S	S	S	-	S	S
Monitoringslocatie		1		2					
Kwalificerende mossen (bedekking in %)									
Gewoon diknerfmos	4	2	38	4	8	3		2	38
Beekdikkopmos				1		2	4	3	2

4.2 Lage bos

Nergens anders in Nederland komt H7220 zo wijd verbreid voor als in het Lage bos. Het habitatype beslaat hier bij benadering een derde van de totale landelijke oppervlakte, namelijk 3349 m² op een totaal van 11.212 m² (Tabel 2; Bijlage 3). Meer dan de helft van de Nederlandse populatie van het kritische bladmos Geveerd diknerfmos bevindt zich in het Lage bos. Een groot deel van het Lage bos maakt deel uit van het Bosreservaat Bunderbos (Bijlage 2).

Tabel 5. Vergelijking herhalingsopnamen Lage bos noord.

Opnamenummer	L15	L15	L16	L16	L17	L17
Opnamejaar	2011	2019	2011	2019	2011	2019
Kwaliteit H7220						
in 2011	M		S		-	
in 2019	S	S	S	S	-	S
Kwalificerende mossen (bedekking in %)						
Gewoon diknerfmos	8	2	8	18		8
Beekdikkopmos				2		

De bronnenreeks van Kasteelpark Elsloo zet zich voort in het noorden van het Lage bos. Blubberbronnen onderaan de steile helling van het Maasterras voeden een smalle en ondiepe beekloop die afstroomt richting Hemelbeek (L15 – L17). Deze bronlocaties zijn in 2019 als kwalitatief *slecht* beoordeeld (Tabel 5). De kwelplekken en de bronnen langs de voor wandelaars aangelegde vlonder zijn deels onder water verdwenen nadat herstelmaatregelen zijn uitgevoerd om de abiotische omstandigheden van de verdroogde bossen bij Elsloo te verbeteren (Van der Weijden & De Mars 2018; Versluijs et al. 2016a, 2016b; Versluijs & De Hullu 2016).

In 'Lage bos midden' wisselen modderige kwelzones en blubberbronnen af met tufplateaus. Op stenen in de bedding van de (deels gegraven) rechte beeklopen zijn soms dikke lagen opvallend bleek getinte kalktuf afgezet. Interessant is de vondst van een plukje Geveerd diknerfmos op een in het water gevallen tak op locatie L18. Naar het zich laat aanzien betreft het een nieuwe vestiging (L18; Monitoringslocatie 3). In de periode 2011-2019 is de vegetatie op veel plaatsen vrijwel ongewijzigd gebleven (L22-L27; Tabel 6). Uitbreiding van Geveerd diknerfmos heeft plaatsgevonden op locatie L23. Onder de begeleiders bevinden zich typische bronplanten zoals Bittere veldkers, Paarbladig goudveil en Reuzenpaardenstaart (L23; Monitoringslocatie 4). Lokaal zijn beken buiten hun oevers getreden door de blokkerende werking van in het water gevallen stammen. Op enkele plekken is de beekbedding daarbij blijvend

verlegd (L25; Monitoringslocatie 5). De bedekking van onder meer Beekdikkopmos en Geveerd diknerfmos vertoont wel sterke fluctuaties op locaties waar voorjaarsstormen een flinke ravage hebben aangericht (L20 en L21). Het in 2011 nog als 'fraai' omschreven tufplateau rond opname L21 ging in 2019 gedeeltelijk schuil onder omgevallen bomen en Klimop. Het reliëf is danig verstoord door kuilen en hoge wortelkluiten, waardoor heropname van de exacte opnameplek ondoenlijk bleek. L28 kon door een wirwar van omgewaaide bomen niet meer worden opgenomen.

Tabel 6. Vergelijking herhalingsopnamen Lage bos midden.

Opnamenummer L..	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28
Opnamejaar 20..	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19
Kwaliteit H7220																						
in 2011	M		S		M		M		S		G		M		G		S		G		S	
in 2019	S	S	S	S	M	S	S	S	S	S	S	G	S	M	G	G	S	S	S	G	S	-
Monitoringslocatie		3										4				5						
Kwalificerende mossen (bedekking in %)																						
Gewoon diknerfmos	4	2			2		18				2	2	8	8	2	2	4	2	3	3		
Beekdikkopmos			2	4	8	2	2	2	3	2	2	3	4	8	2	2	2	2	3	3	4	
Geveerd diknerfmos		2									4	8			38	38			8	18		

De kwaliteit van H7220 springt er in het middengedeelte van het Lage bos in positieve zin uit. Desondanks hebben metingen hier uitgewezen dat het bronwater ernstig is vervuild met nitraat en sulfaat (De Mars et al. 2017). Intensieve bemesting van landbouwgrond (o.a. teelt van gras, tarwe en maïs) komt op grote schaal voor in het enorme intrekgebied dat zich uitstrekt tot ver beoosten Ulestraten (eigenlijk is sprake van meerdere naast elkaar gelegen intrekgebieden ter weerszijden van geologische breukzones). Uitspoeling leidt tot sterk verhoogde nitraatconcentraties in het uitgebreide stelsel van bronnen en beken in het Lage bos. Alleen als de nitraatconcentratie daalt beneden de referentiewaarde van 18 mg/liter lijkt herstel van H7220 mogelijk (De Mars et al. 2017, Van de Weerd 2018).

Onderaan het talud van de spoorlijn Maastricht-Sittard ontspringen in Lage bos zuid meer dan honderd bronnen. Ze voeden een reeks min of meer parallel in westelijke richting verlopende beeklopen. Oorspronkelijk zijn het geen bronbeken maar kunstmatige afvoerbanen die zijn gegraven om water versneld af te voeren en daarmee het nabijgelegen spoortalud te behoeden voor verzakking. Met hetzelfde doel is aan de oostkant van de spoorlijn de Poortlossing aangelegd. **Sinds de werkzaamheden hebben de bronnen ten westen van de spoorlijn sterk te lijden van verdroging.** De Poortlossing had tot voor kort het karakter van een snelstromende bronbeek, mede door de aangebrachte rotsblokken in de bedding. Tegenwoordig is de beek over grote lengte opgestuwd achter een beverdam. **Aftappen van dit 'bevermeer' zou voor het debiet van de kwakkelende blubberbronnen aan de westkant van het spoor een nieuwe impuls kunnen betekenen.** Er zijn in het verleden al watervoerende leidingen in het spoortalud aangebracht. Het uiteinde van twee buizen is nog te zien bij de 'dubbelbron' naast het wandelpad langs de spoorlijn (L34; Monitoringslocatie 6; Tabel 7). Wellicht heeft de verdroging ook geleid tot de ontwikkeling van het omvangrijk braamnstuweel met hoog opschietende brandnetels. Het maakte heropname van L31 en L32 in 2019 onmogelijk. Ter compensatie is een opname gemaakt van de bronbeek benedenstrooms van L34. Deze heeft een opmerkelijk groot

debiet. In de brede bochtige tufbedding zijn etagegewijze tufbanken ontstaan. H7220 is goed ontwikkeld met veel Geveerd diknerfmos (L35; Monitoringslocatie 7).

Tabel 7. Vergelijking herhalingsopnamen Lage bos zuid.

Opnamenummer	L31	L31	L32	L32	L33	L33	L34	L34	L35
Opnamejaar .	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2019
Kwaliteit H7220									
in 2011	S		S		S		S		
in 2019	M	-	S	-	S	S	S	M	G
Monitoringslocatie								6	7
Kwalificerende mossen (bedekking in %)									
Gewoon diknerfmos	3					2			
Beekdikkopmos	8		3		4	3	4	8	2
Geveerd diknerfmos									8

4.3 Hooge bos

Het Hooge bos is bijzonder gevarieerd, zowel qua reliëf als wat vegetatie en vochthuishouding aangaat. Het deelgebied bestaat uit de Poortlossing, een voormalige bronbeek, en het eigenlijke Hooge bos dat een droog en een nat deel omvat en deel uitmaakt van het Bosreservaat Bunderbos (Bijlage 2).

Tabel 8. Vergelijking herhalingsopnamen Hooge bos.

Opnamenummer	H35	H35	H41	H41	H42	H42	H43	H43	H44	H44	H45	H45	H46	H46
Opnamejaar 20..	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19
Kwaliteit H7220														
in 2011	M		S		S		S		S		G		G	
in 2019	S	S	S	-	S	-	S	-	S	G	G	G	G	G
Monitoringslocatie		8										9		10
Kwalificerende mossen (bedekking in %)														
Gewoon diknerfmos	18	38					2				4	8	2	8
Beekdikkopmos	2	3	2	2	4	1	1	3	4	38	3	8	68	8
Geveerd diknerfmos											8	4		4

De aan de oostzijde van de spoorlijn gelegen Poortlossing is in 1928 gegraven om het toestromende grondwater af te vangen (van een intrekgebied van ca. 225 ha) ter bescherming van het spoortalud tegen onderloopsheid ('piping'). Langs de oever van de Poortlossing verdwenen 17 tufplateaus (van slechte kwaliteit), inclusief opnamelocatie H36 t/m H40, onder water als gevolg van beveractiviteit. Mogelijk komen de ondergelopen H7220-locaties weer boven water als er rond het 'bevermeer' ingegrepen om het risico op verzakking of ondergraving van de spoordijk te minimaliseren. De enige overgebleven opnameplek bevindt zich op korte afstand benedenstrooms van een beverdam. Het betreft een tufplateau dat weelderig met de verstoringsindicator Gewoon diknerfmos is begroeid. Op basis van de dikke lagen tuf en de hoge bedekking van Gewoon diknerfmos is de locatie in 2011 als kwalitatief *matig* beoordeeld. Toepassing van de aangescherpte definitie leidt tot een herwaardering naar *slecht*. De bedekking van Gewoon diknerfmos is anno 2019 niet meer relevant en die van Beekdikkopmos blijft beneden de 5% (H35; Monitoringslocatie 8; Tabel 8).

De ondergroei van het bos in de noordelijke helft van het deelgebied is soortenrijk, maar onderaan de hellingen overheerst Daslook over grote oppervlakte. Dominantie van Daslook wijst op het recent onderscheiden Sleutelbloem-Haagbeukenbos (Hommel et al. 2017). Binnen dit bostype treedt hier en daar kwelwater aan de oppervlakte in de vorm van blubberbronnen. Het debiet is over het algemeen zeer gering en de tufoppervlakte is beperkt tot hooguit enkele vierkante meters. De bronnen kwalificeren dan ook niet als H7220 (H41 – H43). In 2011 werden dergelijke vrijwel tufloze bronnen op basis van plukken Beekdikkopmos ten onrechte nog als kwalitatief slechte vormen van H7220 opgevat.

In de zuidelijke helft van het Hooge bos komen kwalitatief betere bronnen voor. Het merendeel ontspringt op de moeilijk toegankelijke flanken van het diep uitgesleten dal van de Hemelbeek. Beekdikkopmos en Geveerd diknerfmos zijn plaatselijk talrijk, zowel op de plateaus als op keien in de Hemelbeek zelf (H44 – H46). Bijzonder waardevol is de combinatie van het zeldzame levermos Groot varentjesmos en de vocht- en basenminnende bladmossen Groot vedermos en Struikmos. Ze flankeren de tufbedding van een smalle bronbeek met dikke lagen vers afgezette tuf (H45; Monitoringslocatie 9). Eveneens goed ontwikkeld is het habitatype in de hogerop gelegen 'keteldalen' in de zuidpunt van het Hooge bos. Over grote oppervlakte kwelt kalkhoudend water op waardoor flinke tufplateaus zijn ontstaan. Ze zijn voor een deel bedekt met uitgestrekte zoden Beekdikkopmos en vitale populaties van Geveerd diknerfmos (H46; Monitoringslocatie 10). Windworp heeft grote gaten in het kronendak veroorzaakt. Heropname van de bronnen, en oppervlaktemetingen, werden door de vele omgevallen stammen ernstig belemmerd.

Tussen de keien in de bedding van de bovenloop van de Hemelbeek zijn slib- en zandbanken ontstaan. Ze bestaan uit erosiemateriaal dat van de steile dalflank naar beneden is gespoeld. In perioden met piekafvoer zal ook met voedingsstoffen belast oppervlaktewater en erosiemateriaal van het aangrenzende landbouwperceel in de beek terechtkomen.

4.4 In de Breuk

Het noordelijk deel van deelgebied In de Breuk omvat een opgaand loofbos met een door Klimop overwoekerde kruidlaag op de westflank van de Sniijdersberg. Hier vinden de Stomme beek en de Sniijdersbeek hun oorsprong. De etagegewijs opgebouwde tufbanken doen ter plaatse goede abiotische omstandigheden vermoeden. Beide beken staan evenwel bijna droog. In de bedding van de Sniijdersbeek is in 2019 geen mos meer aangetroffen. Locatie B54 wordt daarom niet meer als H7220 beschouwd, in 2011 nog wel (Tabel 9).

De Waalse beek ontspringt ten westen van de katholieke kerk van Moorveld en heeft op een honderdtal meters van de bron een diep dal uitgesleten. Van de drie aangetroffen kwalificerende bladmossen bereikt Gewoon diknerfmos de hoogste frequentie. Het groeit met Watervalmos op keien en takken in de beek (B47 en B48) en vormt uitgestrekte zoden tussen o.a. Paarbladig goudveil en Speenkruid op kwelplekken langs de oever (B49 en B50). Omdat er geen actieve afzetting van tuf op hard substraat is geconstateerd werden deze locaties in 2019 niet meer als H7220 aangemerkt. De kwelplekken B51 en B52 voldoen wel aan de (gewijzigde) abiotische criteria en scoort goed op basis van de bedekking van Beekdikkopmos en Geveerd diknerfmos.

Tabel 9. Vergelijking herhalingsopnamen In de Breuk.

Opnamenummer B..	47	47	48	48	49	49	50	50	51	51	52	52	53	53	54	54
Opnamejaar 20..	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19
Kwaliteit H7220																
in 2011	M		M		S		M		G		G		M		S	
in 2019	M	-	S	-	S	-	S	-	M	G	M	G	S	M	S	-
Monitoringslocatie															11	
Kwalificerende mossen (bedekking in %)																
Gewoon diknerfmos	1	2	18	18	2	2			2	8	38	8	8	8	4	
Beekdikkopmos	8	2			2		4	4	4	8	3	8	3	4		
Geveerd diknerfmos									2	2	3	2		2		

Tabel 9 (vervolg).

Opnamenummer B..	55	55	56	56	57	57	58	58	59	59	60	60	61	61	62	62	63
Opnamejaar 20..	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	19
Kwaliteit H7220																	
in 2011	S		M		G		G		M		M		M		M		
in 2019	S	?	S	M	M	M	G	G	S	M	G	M	G	S	S	S	S
Monitoringslocatie								12		13							
Kwalificerende mossen (bedekking in %)																	
Gewoon diknerfmos			3	3	3	3	4	8	8	8	2	2		2	8	4	2
Beekdikkopmos	2		4	2	4	3	8	8	2	8	18	3	8	2	2	1	2
Geveerd diknerfmos				3	4	4	18	18				3		2			2

De bedding van de middenloop van de Waalse beek bestaat over grote lengte uit **blauwgrijze tufbanken**. De gesommeerde bedekking van Beekdikkopmos en Geveerd diknerfmos bedraagt 6% waarmee de kwaliteit van H7220 in 2019 op *matig* blijft steken (B53; Monitoringslocatie 11). In 2011 was B53 als *slecht* ingeschat. Tijdens de eerste inventarisatieronde werd echter nog geen Geveerd diknerfmos vastgesteld. Onderaan de zuidelijke dalflank treedt lokaal veel kwelwater uit waardoor uitgebreide tufplateaus zijn gevormd (B56 en B57). Als toplocatie geldt een tufdelta bij enkele oude haagbeuken (B58; Monitoringslocatie 12). Van de drie kwalificerende mossen bereikt Geveerd diknerfmos de hoogste bedekking.

Vanaf de oorsprong ten zuidwesten van Moorveld stroomt de Molenbeek eerst door een breed V-vormig dal, vervolgens door een fraai bronnetjesbos en tenslotte door een weiland naar de watermolen van Geulle. Langs de bovenloop zijn de tufplateaus als slecht gekwalificeerd (B61 – B63). In het middentraject heeft de Molenbeek een smalle, bijna 2 meter diepe kloof uitgesleten. De beekbedding is over grote lengte met een dik pakket tuf bekleed. **In zijbeekjes zijn boven de feitelijke bedding deltavormige tufplateaus gevormd, voor een deel uit meerdere etages opgebouwd (B59; Monitoringslocatie 13).** Gewoon diknerfmos of Beekdikkopmos overheerst, Geveerd diknerfmos is talrijk. Verder komt hier Groot varentjesmos voor. B59 en B60 zijn als *matig* beoordeeld, de plateaus langs de bovenloop van de Molenbeek (B61 en B62) scoren *slecht*.

In het deelgebied zijn slechts drie markeringspaaltjes teruggevonden (waarvan twee met onleesbare nummers). De exacte plek van de oorspronkelijke proefvlakken B55 werd niet weergevonden. Omtrent de staat van instandhouding kunnen derhalve geen conclusies worden getrokken. Herinventarisatie is niet overal gelukt.

4.5 Slingerberg

De bronnen in de noordelijke helft van deelgebied Slingerberg (S63, S64 en S70) hebben weinig debiet (verdroogd?). Er ligt een dikke laag bladstrooisel en het geleidelijk opdringen van Braam en Klimop lijkt een verstikkende werking te hebben op de bronvegetatie, onder meer Beekdikkopmos. Actieve tufvorming is in 2019 niet waargenomen, zodat beide locaties niet meer voor H7220 kunnen doorgaan. In het bos ter hoogte van de tunnel bij Broekhoven komen flinke tufplateaus voor. Op een daarvan is na het omvallen van een berk veel Geveerd diknerfmos verschenen. Dit exclusieve bladmos ontbrak nog in 2011. In 2019 bleek de tufvloer over een tiental vierkante meters met een dik mospakket bedekt (S65; Monitoringslocatie 14; Tabel 10). Mogelijk is de spectaculaire uitbreiding gecorreleerd met de plotselinge wijziging in het lichtklimaat. Dat zou betekenen dat er bij kwijnende populaties in de schaduw, of op potentiële standplaatsen in de buurt van bronpopulaties, winst is te boeken met selectieve kap van bomen. Een van de locaties die voor een dergelijke ingreep in aanmerking komt is het tufplateau ter hoogte van het opvangbekken. Hier kwam in 2011 nog veel Geveerd diknerfmos voor. In 2019 bleek de populatie op zijn retour waardoor de H7220-kwaliteit is gewijzigd van goed in matig (S66; Monitoringslocatie 15). Vermoedelijk is lichtgebrek de oorzaak. Het bos is door kroonsluiting donkerder geworden.

Tabel 10. Vergelijking herhalingsopnamen Slingerberg.

Opnamenummer S..	63	63	64	64	65	65	66	66	67	67	68	68	69	69	70	70
Opnamejaar 20..	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19
Kwaliteit H7220																
in 2011	M		S		M		G		G		G		G		S	
in 2019	M	-	S	-	S	G	G	M	G	G	G	G	G	G	S	-
Monitoringslocatie						14		15						16		
Kwalificerende mossen (bedekking in %)																
Gewoon diknerfmos	3	18			4	8	3	3	4	4	4	3		2	4	2
Beekdikkopmos	8	18	4	18	2	8	18	4	18	8	18	8	3	2		
Geveerd diknerfmos						38	18	3	4	4	8	38	38	18		

In het zuidelijke deel van Slingerberg is de staat van instandhouding van H7220 nog wel bijzonder gunstig. Het debiet is groot en het gebruikelijke drietal kwalificerende mossen is op meerdere plaatsen aangetroffen, zowel op tufplateaus in het bos als in de ontwateringsgreppel onderlangs het talud van de spoorbaan (S67-S68). In de bronbeken zijn donkergrijze tufbanken gevormd, deels met forse zoden van Geveerd diknerfmos (S69; Monitoringslocatie 16). In 2019 is een deel van de bosrandbomen gekapt. Wellicht heeft dit een positief effect op de populatie van Geveerd diknerfmos ter plaatse.

4.6 Bron Welleput

Bron Welleput herbergt op het Lage bos na het grootste aaneengesloten kalktufbronnengebied van Nederland. In totaal meet de oppervlakte van H7220 minimaal 2360 m², ongeveer een vijfde van het totaal (Tabel 2). De totale populatieomvang van Geveerd diknerfmos bedraagt minimaal 600 m² (alleen in het Lage bos is de populatie nog groter).

Bron Welleput is doorsneden met bronbeken. Op de bedding daarvan zijn dikke lagen tuf afgezet. Op sommige plaatsen zijn meerdere etages van blauwgrijze tufbanken boven elkaar ontstaan. Dat er actief kalktuf neerslaat blijkt uit de vers afgezette laagjes op takjes die recent in het water zijn gevallen. De beken worden geflankeerd door een lintbegroeiing van Gewoon diknerfmos, met hier en daar flinke plukken Beekdikkopmos en Geveerd diknerfmos. De kwalificerende mosbedekking is in de periode 2011-2019 toegenomen en tilt de kwaliteit van H7220 van *matig* naar *goed* (W71; Monitoringslocatie 17; Tabel 11). Het beektraject van W71 is in 2019 na het kappen van randbomen in de volle zon komen te liggen. De toekomst zal uitwijzen of, en zo ja welk, effect deze ingreep heeft op de kwaliteit van H7220. In het water van W71 en W72 zijn in 2019 flinke plukken groene algen gezien (niet op soortniveau geïdentificeerd). In hoeverre deze algen wijzen op eutrofiëring moet nog worden uitgezocht.

Tabel 11. Vergelijking herhalingsopnamen Bron Welleput.

Opnamenummer	W71	W71	W72	W72	W73	W73	W74	W74	W75	W75	W76	W76
Opnamejaar	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019	2011	2019
Kwaliteit H7220												
in 2011	G		G		G		G		G		M	
in 2019	M	G	G	G	G	G	M	-	S	-	S	-
Monitoringslocatie		17		18								
Kwalificerende mossen (bedekking in %)												
Gewoon diknerfmos	3	4	18	18	4		3		18		38	3
Beekdikkopmos	1	2	4	4	4		8		3		3	3
Geveerd diknerfmos	3	8	38	38	68	38						

Verspreid in het hoger gelegen essenbronbos hebben zich tufplateaus gevormd. Een oud, uitzonderlijk fors bemeten plateau beneden de feitelijke Welleput herbergt een van de omvangrijkste populaties van Geveerd diknerfmos in Nederland (W72; Monitoringslocatie 18). In het ten noorden van deze put gelegen elzenbroekbos bevinden zich uitgestrekte kwelzones met Reuzenpaardestaart en Hangende zegge. De hier in 2011 geïnventariseerde locaties (W74-W76) konden echter niet worden herbemonsterd omdat het terrein onbegaanbaar was.

4.7 Noorbeemden-Hoogbos

De totale oppervlakte van H7220 in het Natura 2000-gebied Noorbeemden-Hoogbos bedraagt 262 m² (Raemakers 2014).

Noorbeemden gold in 2011 als één van de twee H7220-toplocaties in Nederland (Van Dort 2011b). Vooral het tufplateau ter weerszijden van de grens met België werd hoog aangeslagen vanwege naar Nederlandse maatstaven buitengewoon goed ontwikkelde zoden van Geveerd diknerfmos. De populatie is sinds 2011 als gevolg van wroetwerk van wilde zwijnen versnipperd geraakt en in omvang afgenomen, zoals al door Raemakers (2014) is geconstateerd. In 2019 wordt de oppervlakte van het mosdek binnen onze landsgrenzen geschat op 2 à 3 m². H7220 scoort er nu *matig* (N06; Monitoringslocatie 20; Tabel 12).

In het noorden grenst het bronnetjesbos aan een drassig weiland. In de bosrand ontspringen vier bronbeken met een tufbedding (N02-N05). Tussen de twee triviale kwalificerende mossoorten is hier het exclusieve bladmos Geveerd diknerfmos te vinden (N03; Monitoringslocatie 19). Vaste begeleiders zijn Kleisnavelmos,

Gekroesd plakkaatmos en Gesnaveld boogsterrenmos. Locatie N10 bevindt zich in een broekbosje langs de Noor. Kwalitatief zijn de bronbeken als *slecht* of *matig* beoordeeld, met uitzondering van N04, waar Geveerd diknerfmos domineert.

Tabel 12. Vergelijking herhalingsopnamen Noorbeemden-Hoogbos.

Opnamenummer N.	02	02	03	03	04	04	05	05	06	06	07	07	08	08	09	09	10	10
Opnamejaar 20..	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19
Kwaliteit H7220																		
in 2011	S		G		G		G		G		M		S		-		M	
in 2019	S	S	S	M	S	G	S	M	G	M	S	-	S	-	S	-	S	S
Monitoringslocatie				19						20								
Kwalificerende mossen (bedekking in %)																		
Gewoon diknerfmos		3	4	8	2	2	8	8	3	2	3		3	4	3	2	2	2
Beekdikkopmos	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	2		1				2	
Geveerd dikerfmos			2	3	8	8	2	1	8	4								

De bronnen in het bezuiden de Noor gelegen Hoogbos, een opgaand bos met zowel loof- als naaldbom, zijn (vrijwel) tufloos. De locaties classificeren in 2019 niet meer als H7220 omdat actieve tufafzetting ontbreekt. Hetzelfde geldt voor N01 (in 2019 niet meer opgenomen) en N07.

4.8 Ravensbos

De totale oppervlakte van H7220 in het Ravensbos bedraagt een schamele 135 m² (Raemakers 2014). Het habitatype neemt daarmee qua omvang de op een na laatste positie in binnen Nederland (de geïsoleerd gelegen Putbergbron uitgezonderd).

Tabel 13. Vergelijking herhalingsopnamen Ravensbos.

Opnamenummer R.	01	01	02	02	03	03	04	04	05	05	06	06	07	07	08	08
Opnamejaar 20..	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19
Kwaliteit H7220																
in 2011	-		-		M		M		-		M		M		M	
in 2019	-	-	-	-	S	-	S	-	-	-	S	S	S	S	S	S
Monitoringslocatie														21		
Kwalificerende mossen (bedekking in %)																
Gewoon diknerfmos							3	3			4	4		2		
Beekdikkopmos					4	4	2	2			2	2	4	2	2	2

Verspreid in het Ravensbos ligt een beperkt aantal bronnen en tufplateaus. De beekjes die hieruit ontspringen hebben smalle maar diepe dalen uitgesleten. In het verleden zijn op kiezels in het water laagjes tuf afgezet. Op een enkele plek zijn tufbanken gevormd. Over grote lengte kwalificeren de beektrajecten echter niet, hetzij wegens het ontbreken van actieve kalktufafzetting (R01) of omdat geen kwalificerende mossen zijn vastgesteld (R02 en R05). De meest frequente kwalificerende soort in het Ravensbos is Beekdikkopmos. Het is mondjesmaat aanwezig (bedekking minder dan 5%) op stenen en op dood hout (R04 en R06). In verschillende beekjes zijn exemplaren van de Groene waterstippelkorst ontdekt, een zeldzaam aquatisch korstmos. De modderige tufplateaus zijn in trek bij wilde zwijnen om te zoelen (R07; Monitoringslocatie 21).

Op basis van vele kleine mospollen werd de staat van instandhouding van de vijf kwalificerende bronlocaties in 2011 nog als matig beoordeeld (Van Dort 2011b). De H7220-kwaliteit is in 2019 bijgesteld van matig naar slecht, zonder dat er in de beoordelingsperiode schokkende veranderingen zijn vastgesteld.

4.9 Terziet

Het meest zuidelijk gelegen bronnencomplex van Nederland bevindt zich in het kleine bronnetjesbos ten zuiden van Terziet langs de grens met België. H7220 beslaat een oppervlakte van ruim 268 m² (Raemakers 2014).

Op kwelplekken langs de oostelijke bosrand zijn grote tufplateaus ontstaan met veel Bittere veldkers, Moeraszegge, Paarbladig goudveil en/of Reuzenpaardenstaart. Drie tufplateaus kwalificeren als H7220 op basis van presentie van Beekdikkopmos. In beide jaargangen vallen Z01 en Z07 in de kwaliteitscategorie *slecht* (Tabel 14). Z02 is onveranderlijk als *matig* beoordeeld. Bijzonder imposant in Terziet zijn de brede beekdeddingen met fraai ontwikkelde tufbanken (Z03; Monitoringslocatie 22). Onder water heeft zich veel Gekroesd plakkaatmos gevestigd. Beekdikkopmos en Gewoon diknerfmos koloniseren de met tuf omhulde kiezels (Z04 en Z05). Het ziet er fraai uit, maar de schijn bedriegt. Gewoon diknerfmos is weelderig ontwikkeld, een slecht teken (inspoeling vervuild water uit nabijgelegen landbouwgebied?). De kwaliteitsindicator Geveerd diknerfmos ontbreekt, terwijl de bedekking van Beekdikkopmos de 10% grens niet overschrijdt. De beeklopen zijn derhalve als kwalitatief *matig* ingeschat. Locatie Z06 voldoet niet aan de eisen van H7220. Dit bronbeektraject in de zuidelijke helft van het bos herbergt wel Beekdikkopmos. Er vindt echter geen actieve tufvorming meer plaats. Met 10 m² tuf en enkele plukjes beekdikkopmos kwalificeert Z08 nog net wel.

Tabel 14. Vergelijking herhalingsopnamen Terziet.

Opnamenummer Z.	01	01	02	02	03	03	04	04	05	05	06	06	07	07	08	08
Opnamejaar 20..	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19	11	19
Kwaliteit H7220																
in 2011	S		M		M		M		S		-		S		S	
in 2019	S	S	M	M	M	M	S	M	M	M	S	-	S	S	S	S
Monitoringslocatie						22										
Kwalificerende mossen (bedekking in %)																
Gewoon diknerfmos			18	18	18	38	8	18		8			8	8		
Beekdikkopmos	2	4	8	8	8	8	4	8	8	8	2	3	3	3	2	2

4.10 Putbergbron

De Putbergbron is de enige kalktufbron binnen de grenzen van het Natura 2000-gebied Kunderberg. De bron ontspringt in een Eiken-Haagbeukenbos op de westflank van de Kunderberg. De bronkop wordt gevormd door een aardewerken buis met een diameter van 20 centimeter onderaan een loodrechte tufwand. Het water volgt een 2 meter brede 'tufgoot' over een traject van 30 meter alvorens via een ruim 1 meter hoge waterval weg te stromen in een opvangbekken naast een weiland. Het geheel voldoet aan de "Optimale functionele omvang vanaf tientallen m²", zoals omschreven in het Profielendocument. Gewoon diknerfmos vormt hoge kussens langs de tufgoot (Tabel 15; Opname P01; Monitoringslocatie 23) en domineert de begroeiing van de natte tufwand naast de bronbuis (Opname P02). De bron kwalificeert als

H7220 conform de definities in het Profielendocument. De kwaliteit van het habitatype op beide locaties is in 2011 en in 2019 als *slecht* ingeschat. Het zeer zeldzame Tufmos vormt onopvallende kussentjes op de verticale tufwand pal naast waterval aan het eind van de tufgoot. Begeleiders zijn andere kalk- en vochtminnende mossen, onder meer Gekroesd plakkaatmos en Stomp dubbeltandmos (Tabel 15; Opname P03). Op grond van de hoge bedekking van Tufmos wordt de waterval als *goed* beoordeeld. In het voorjaar van 2019 is op de pal naast de bron gelegen helling een strook bos gekapt waardoor het bronmilieu tegen het einde van de dag aan direct zonlicht is blootgesteld. Om de effecten van het gewijzigd lichtklimaat op de bijzondere mosvegetatie te toetsen is de waterval als 'mini-opname' in het monitoringsprogramma opgenomen (P03; Monitoringslocatie 24).

Tabel 15. Begroeiing Putbergbron in 2019

	Tufgoot	Tufgoot	Tufwand	Waterval	
Nummer opname	P01	P01	P02	P03	
Jaar opname	2011	2019	2019	2019	
Oppervlakte proefvlak (m ²)	30	30	3	2	
Bedekking kruidlaag (%)	0	0	0	1	
Bedekking moslaag (%)	20	20	95	80	
Bedekking algenlaag (%)	0	0	0	10	
Kwaliteit H7220	slecht	slecht	slecht	goed	
Monitoringslocatie		23		24	
Gewoon diknerfmos	2a	2a	5	3	<i>Cratoneuron filicinum</i>
Gekroesd plakkaatmos			2m	2a	<i>Pellia endiviifolia</i>
Steenvedermos			2m		<i>Fissidens gracilifolius</i>
Gesnaveld boogsterrenmos			1		<i>Plagiomnium rostratum</i>
Kleivedermos			1		<i>Fissidens taxifolius</i>
Tufmos				2b	<i>Eucladium verticillatum</i>
Stomp dubbeltandmos				+	<i>Didymodon tophaceus</i>
Robertskruid				r	<i>Geranium robertianum</i>
Algen				2a	<i>Algae</i>

Volgens het Profielendocument fungeert Tufmos in Nederland niet als kwalificerend voor H7220 (zie 1.2). De schaarse meldingen van Tufmos uit Nederland hebben betrekking op beschaduwde mergel of ander vochtig maar niet permanent nat gesteente. Voor zover bekend is de Putbergbron de enige binnenlandse bronlocatie waar Tufmos onder permanent kletsnatte omstandigheden groeit. In navolging van de gangbare opvattingen over H7220 in Europa is Tufmos aan het Nederlandse lijstje van kwalificerende mossoorten toegevoegd.

5 PROTOCOL MONITORING KALKTUFBRONNEN H7220

Verdeeld over de deelgebieden zijn in totaal 24 kalktufbronlocaties geselecteerd voor monitoring (Bijlage 5). Bij de selectie is gelet op de kwaliteit van H7220 ter plaatse (anno 2019), de spreiding over de verschillende intrekgebieden en de praktische bereikbaarheid van de opnameplek. Behalve T07 liggen alle monitoringslocaties in bos. Voor het localiseren van de monitoringsbronlocaties is het nuttig om op ooghoogte een fel gekleurde markering aan te brengen op de stam van een of meerdere bomen in de directe nabijheid van het proefvlak. In verband met optimale zichtbaarheid van de markering van afstand in loofbossen is het vroege voorjaar (maart) de beste opnameperiode. Bomen en struiken zitten nog niet vol in blad en de aan bronnen gerelateerde vaatplanten zijn al bovengronds. Er is voor monitoringsdoeleinden een speciaal opnameformulier opgesteld (Bijlage 4). De frequentie van opname is eens per 5 jaar.

Proefvlakgrootte

Op iedere monitoringslocaties wordt in principe een proefvlakgrootte aangehouden van 10 vierkante meter (de minimaal vereiste kalktufoppervlakte voor H7220). Bij de meeste bronnen (gedefinieerd als bronkop inclusief de bovenloop) en beken (de middenloop beginnend op meer dan 20 meter afstand van de bron) beslaat de beddingbreedte ongeveer 1 meter. Hier kan worden volstaan met een opname over een lengte van 10 meter. Op locaties met een beddingbreedte van minder dan 1 meter wordt de opname over een navenant langer traject gemaakt, zodanig dat het proefvlak in totaal 10 vierkante meter beslaat. Bij tufplateaus bedraagt de omvang van een proefvlak standaard 5 bij 2 meter.

Afbakening proefvlak

Per definitie wordt alleen de begroeiing van met kalktuf bezette, *harde* substraten tot H7220 gerekend. Vaatplanten aan de periferie van bronnen of op de oevers van beeklopen wortelen in de bosgrond en blijven buiten beschouwing. Wel meegeteld worden bronsoorten die zich hebben gevestigd in moskussens, zoals paarbladig goudveil. Op de bronlocaties met gering debiet wortelen soorten als Speenkruid, Robertskruid en Klimop in de laag blubber die de tufplaten bedekt. Hoewel per definitie onjuist, blubber is geen *hard* substraat, worden deze op praktische gronden tot het habitatype kalktufbron gerekend en derhalve toch gemonitord.

6 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, Ede.
- Broekmeyer, M. 1999. Bosreservaten: waarom?. *De Levende Natuur* 100 (5): 150-153.
- Bureau Kragten. 2009. Amersfoort-coördinaten 412 kalktufbronnen.
- Decleer, K. (red.). 2007. Europees beschermde natuur in Vlaanderen en het 999Belgisch deel van de Noordzee. Habitattypen / Dier- en plantensoorten. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.M.2007.01, Brussel, 584 p.
- De Mars, H., B. van der Weijden, G. van Dijk, F. Smolders, A. Grootjans & L. Wolejko. 2016. Towards threshold values for nutrients; Petrifying springs in South-Limburg (NL) in a Northwest European context Final report. Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren Rapport OBN2016/OBN210-HE. Driebergen, 2016.
- De Mars, H., A.J.P. Smolders & B. van der Weijden. 2017. Kalktufbronnen en kalkmoerassen; Systeem debiet en waterkwaliteit. Rapport Royal HaskoningDHV.
- Fachinformationssystem Kartieranleitungen in Nordrhein-Westfalen. 2019. Biotop- und Lebensraumtypenkatalog inkl. Erhaltungszustandsbewertung von FFH-Lebensraumtypen.
- Hommel, P., R. Haveman & I. de Ronde. 2017. Querco-Fagetea. In: J.H.J. Schaminée, R. Haveman, P.W.F.M. Hommel, J.A.M. Janssen, I. de Ronde, P.C. Schipper, E.J. Weeda, K.W. van Dort & D. Bal (red.). 2017. Revisie Vegetatie van Nederland: 27-31. *Stratiotes* 50/51: 1-232.
- Janssen, J.A.M. & J.H.J. Schaminée. 2003. Europese Natuur in Nederland. Habitattypen. KNNV Uitgeverij, Utrecht. ISBN 90 5011 166 1.
- Lyons, M.D. & Kelly, D.L. 2016. Monitoring guidelines for the assessment of petrifying springs in Ireland. *Irish Wildlife Manuals*, No. 94. National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage, Regional, Rural and Gaeltacht Affairs, Ireland. <https://www.npws.ie/sites/default/files/publications/pdf/IWM94.pdf>
- Ministerie van LNV. 2008. Profielendocument H7220 met Leeswijzer. Rapport Directie Kennis, Ede.
- Oosterlynck, P. & W. Van Landuyt. 2012. Kalktufbronnen in Vlaanderen: mythe of werkelijkheid? *Muscillanea* 32 (2012): 36-52.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, 1995. De Vegetatie van Nederland 2. Plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. *Opulus*, Uppsala/Leiden, 358 pp.

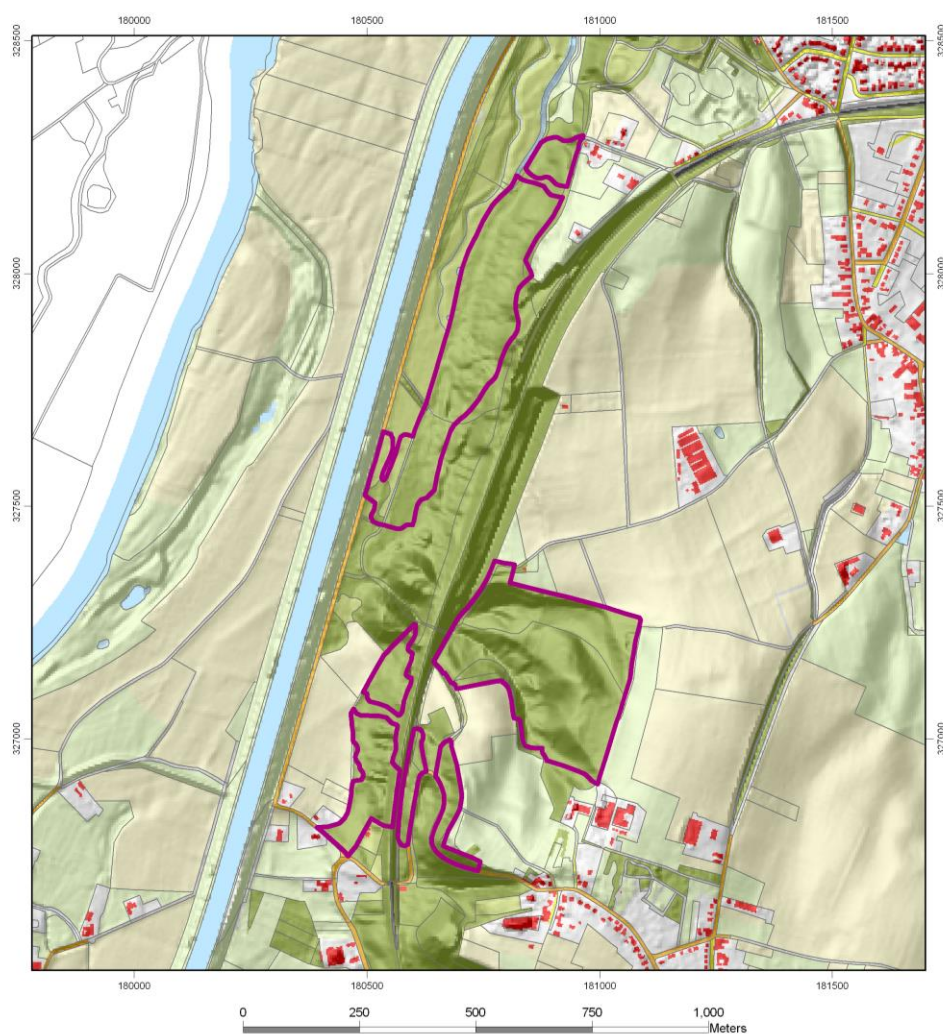
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, 1998. De Vegetatie van Nederland 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Opulus, Uppsala/Leiden, 346 pp.
- Siebel, H.N. 2005. Ecologische indicatiewaarden van mossen. Excel-tabel. www.blwg.nl
- Versluijs, R. & E. de Hullu. 2016. Effecten werkzaamheden Grensmaas en Julianakanaal op het Bunder- en Elslooërbos. Fase 3, Vervolg monitoring hydrologie en waterkwaliteit. Bureau Natuurbalans – Limes Divergens BV & Stichting Bargerveen.
- Versluijs, R., D. Heijkers, V. de Jong, E. de Hullu & R. Krekels. 2016a. Effecten werkzaamheden Grensmaas en Julianakanaal op het Bunder- en Elslooërbos. Fase 1. Quick scan hydrologie, Flora- en faunawet en Natuurbeschermingswet. Bureau Natuurbalans – Limes Divergens BV & Stichting Bargerveen.
- Versluijs, R., M. Scherpenisse & V. de Jong. 2016b. Effecten werkzaamheden Grensmaas en Julianakanaal op het Bunder- en Elslooërbos. Fase 2. Veldonderzoek inzake ecohydrologie en habitats & soorten. Bureau Natuurbalans – Limes Divergens BV & Stichting Bargerveen.
- Van Dort, K.W. 2011a. Mosvegetaties in tufbronnen in het Bunder- en Elslooërbos. Rapport Staatsbosbeheer Regio Zuid, Tilburg/Forestfun Wageningen.
- Van Dort, K.W. 2011b. Mosvegetaties in tufbronnen in de Natura 2000-gebieden Noorbeemden en Hoogbos en Geuldal. Rapport Provincie Limburg/Forestfun Wageningen.
- Van Dort, K. W. & E.J. Weeda. 2017. Montio-Cardaminetea. In: J.H.J. Schaminée, R. Haveman, P.W.F.M. Hommel, J.A.M. Janssen, I. de Ronde, P.C. Schipper, E.J. Weeda, K.W. van Dort & D. Bal (red.). 2017. Revisie Vegetatie van Nederland: 27-31. Stratiotes 50/51: 1-232.
- Van Gennip, B., J.A.M. Janssen & E.J. Weeda. 2007. De tufbron, kleinood met grote status. Stratiotes 35: 22-37.
- Van de Weerd, R. 2018. Nitraat in de kalktufbronnen van het Bunder- en Elslooërbos – in verleden, heden en toekomst. Een modelstudie ter onderbouwing van toekomstige maatregelen. Rechobot – Water & Kennis, rapport 2018-01. Wageningen.
- Van der Weijden, B. & H. de Mars. 2018. Ecohydrologisch advies Brommelen (Geullerbosch – Doodlager). Haskoningdhv Nederland b.v.

7 BIJLAGEN

Bijlage 1. Ecologische indicaties bladmossen (naar Siebel 2005).

	Vocht	Stralingsklimaat	Zuurgraad	Nutriënten
Beekdikkopmos	nat	lichte schaduw	zwak zuur - neutraal	matig nutriëntenrijk
Geveerd diknerfmos	nat	half open	sterk basisch	nutriëntenarm
Gewoon diknerfmos	vochtig - nat	half open	basisch	matig nutriëntenrijk
Tufmos	vochtig	lichte schaduw	sterk basisch	zeer nutriëntenarm
Watervalmos	nat	open schaduw	neutraal	nutriëntenrijk

Bijlage 2. Brenzing van het bosreservaat Bunderbos.



 Grens bosreservaat

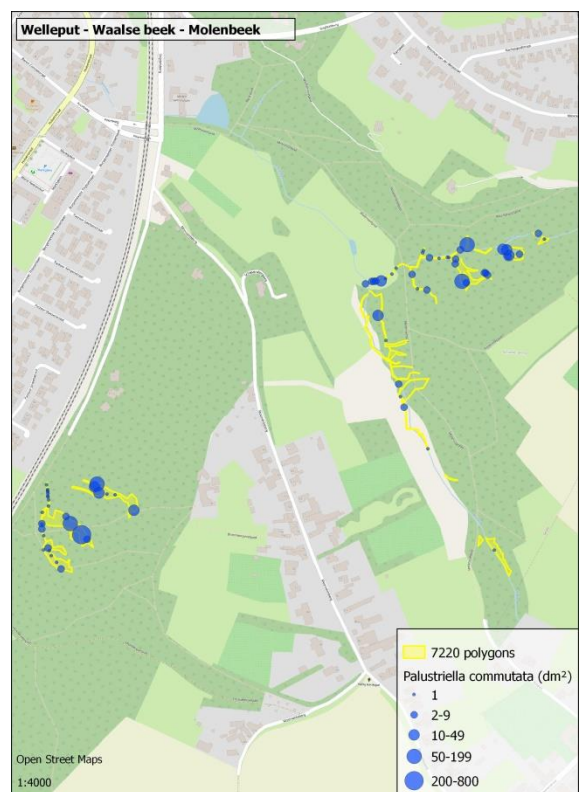
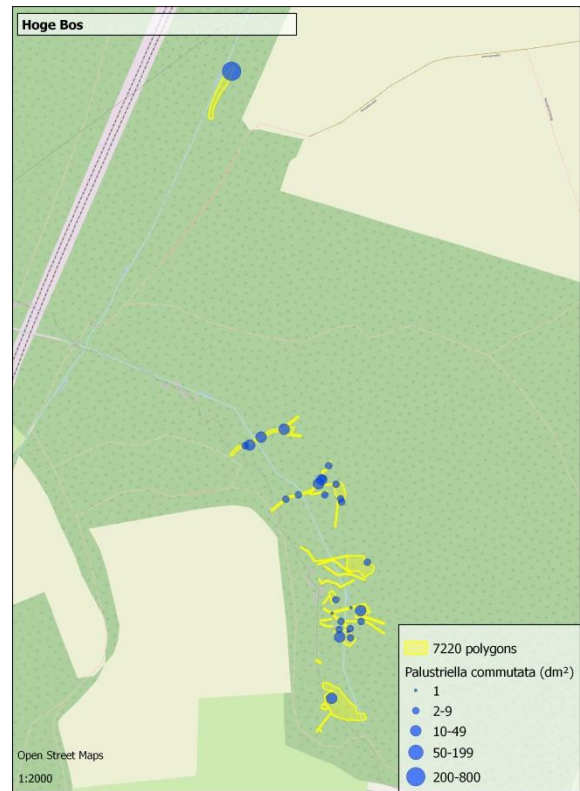
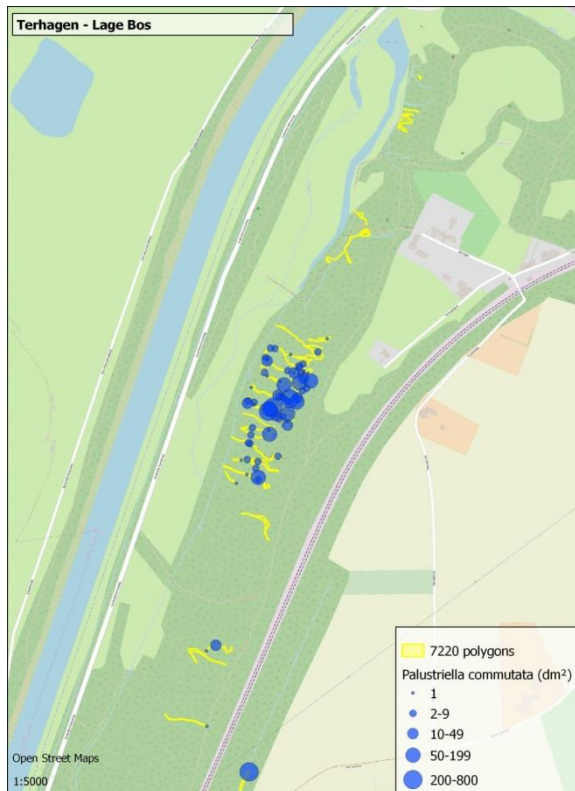
Datum kaart: 11-Dec-07

 Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit

 **ALTERRA**
WAGENINGEN UR

Topografische ondergrond:
Dienst voor het Kadaster en
Openbare Registers, Apeldoorn

Bijlage 3. Kalktufoppervlakte in het Natura 2000-gebied Bunder- en Elslooërbos (gele lijnen). De blauwe stippen geven de oppervlakte weer van het voor habitatype kalktufbronnen exclusieve bladmos Geveerd diknerfmos (*Palustriella commutata*).



Bijlage 4. Opnameformulier Monitoring Kalktufbronnen.

Datum	
Bronnummer	
X-coördinaat	
Y-coördinaat	

Debiet (- of +)	
Kalktuftype (Lagen, Banken, Plateau)	
Oppervlakte kalktuf (in m ²)	

Lichtklimaat Half-, Schaduw of Licht	
Bedekking kruidlaag (in %)	
Bedekking moslaag (in %)	
Bedekking algenlaag (in %)	

Opmerking	
-----------	--

Kwalificerende mossoorten	Code
<i>Brachythecium rivulare</i>	
<i>Palustriella commutata</i>	
<i>Eucladium verticillatum</i>	
<i>Cratoneuron filicinum</i>	

Begeleidende mossen	Code
<i>Amblystegium serpens</i>	
<i>Brachythecium rutabulum</i>	
<i>Calliergonella cuspidata</i>	
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	
<i>Conocephalum conicum</i>	
<i>Didymodon tophaceus</i>	
<i>Fissidens adianthoides</i>	
<i>Kindbergia praelonga</i>	
<i>Lophocolea bidentata</i>	
<i>Oxyrrhynchium hians</i>	
<i>Pellia endiviifolia</i>	
<i>Plagiochila asplenioides</i>	
<i>Plagiomnium rostratum</i>	
<i>Plagiomnium undulatum</i>	
<i>Rhynchostegium riparioides</i>	
<i>Thamnobryum alopecurum</i>	
Korstmossen	
<i>Hydropunctaria rheitrophila</i>	
<i>Verrucaria aquatilis</i>	
<i>Verrucaria denudata</i>	

Locatie
B = In de Breuk H = Hooge bos K = Kasteelpark Elsloo
L = Lage bos N = Noorbeemden P = Putbergbron
R = Ravensbos S = Slingerberg T = Terziet
W = Bron Welleput

Schatting per soort	Code Braun-Blanquet	Bedekking
Bedekking < 5%		in %
1 of 2 plukjes	r	1
3 – 10 plukjes	+	2
11 – 25 plukjes	1	3
25 – 50 plukjes	2m	4
Bedekking > 5%		
Willekeurig	2a	percentage
Willekeurig	2b	percentage
Willekeurig	3	percentage
Willekeurig	4	percentage
Willekeurig	5	percentage

Omvang kwalificerende mossen	in m²
Beekdikkopmos	
Geveerd diknerfmos	
Tufmos	
Som kwalificerende mosvegetatie	
H7220 (Goed, Matig of Slecht)	

[illegible]

Bijlage 5. Te monitoren H7220-locaties.

Natura 2000-gebied	Deelgebied	Bron	Beek	Plateau
Bunder- en Elslooërbos	Kasteelpark Elsloo	T05	T07	
	Lage bos midden		L18	L23
	Lage bos midden		L25	
	Lage bos zuid	L34	L35	
	Hooge bos Poortlossing			H35
	Hooge bos zuid		H45	H46
	In de Breuk Waalse beek		B53	B58
	In de Breuk Molenbeek			B59
	Slingerberg noord			S65
	Slingerberg noord			S66
	Slingerberg zuid		S69	
	Bron Welleput		W71	W72
	Ravensbos			R07
	Terziet		Z03	
Noorbeemden en Hoogbos	Noorbeemden		N03	N06
	Putbergbron	P01	P02	
Kunderberg				
Totaal aantal monitoringslocaties		4	11	9

De kleur van de opnamelocaties weerspiegelt de kwaliteit van H7220 in 2019. Groen = Goed, Oranje = Matig, Geel = Slecht.