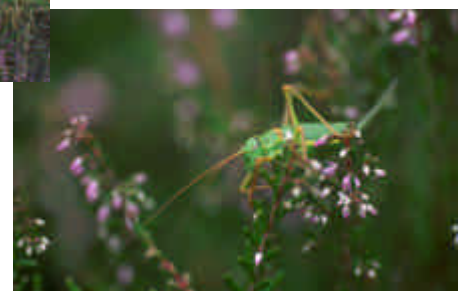


Herstelmaatregelen in heideterreinen; invloed op de fauna

*Samenvatting OBN onderzoek en richtlijnen met
betrekking tot de fauna*



landbouw, natuur en
voedselkwaliteit

Directie Kennis, februari 2008

© 2008 Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
I.s.m. Stichting Bargerveen, Afdeling Dierecologie (Radboud Universiteit Nijmegen), B-
Ware, VOFF, Alterra

Rapport DK nr. 2008/042-O

Ede, 2008

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk of per e-mail worden besteld bij de directie Kennis onder vermelding van code 2008/dk042-O en het aantal exemplaren.

Oplage	150 exemplaren
Samenstelling	Chris van Turnhout, Emiel Brouwer, Marijn Nijssen, Suzanne Stuijtzand, Joost Vogels, Henk Siepel, Hans Esselink
Druk	Ministerie van LNV, directie IFZ/Bedrijfsuitgeverij
Productie	Directie Kennis Bedrijfsvoering/Publicatiezaken Bezoekadres : Horapark, Bennekomseweg 41 Postadres : Postbus 482, 6710 BL Ede Telefoon : 0318 822500 Fax : 0318 822550 E-mail : DKinfobalie@minlnv.nl

Voorwoord

Het complete heidelandschap, zowel fauna als vegetatie, zowel wetenschap als praktijk - allemaal in één handzame publicatie. Dat is wat u hier in handen heeft. Graag beveel ik het u als lezer aan. De auteurs zijn er in geslaagd om allerlei facetten van het werken aan een goed functionerend heidelandschap op een begrijpelijke en praktische manier samen te brengen. U leest over wat wel en wat niet te doen om zo'n heidelandschap weer terug te krijgen - en waarom. Talrijke foto's maken duidelijk wat in de tekst wordt bedoeld. Zodat bijvoorbeeld geen misverstand meer hoeft te bestaan over wat 'kleinschalig plaggen' eigenlijk is.

Aanleiding voor deze publicatie zijn de resultaten van het onderzoek naar de effecten van herstelmaatregelen op dieren van het heidelandschap. Maar beheerders (en planners) hebben niet alleen te maken met dieren. Ook planten maken onderdeel uit van de doelen voor behoud van biodiversiteit. Daarom is ervoor gezorgd dat er geen voorstellen in de tekst staan die averechts werken voor de planten.

De afgelopen jaren werd steeds duidelijker dat het onderzoek en de toepassing daarvan moeten worden opgeschaald naar het niveau van het landschap. Dat is ook hier zichtbaar geworden: het gaat niet alleen over de droge en de natte heide, maar ook over vennen en over struwelen en bosranden. Kortom: het gaat over het complete heidelandschap, met al zijn variatie en (geleidelijke of abrupte) overgangen. En juist bij zo'n divers en samenhangend landschap is de fauna gebaat.

Ik wens u veel succes bij het toepassen van de hier bijeengebrachte kennis, zodat de natuur er beter van wordt!

DE DIRECTEUR KENNIS,
dr. J.A. Hoekstra MSc.

Dankwoord

Graag willen wij de volgende mensen bedanken voor hun bijdrage aan het tot stand komen van dit boek:

De basis voor deze publicatie vormt het basisrapport van het project 'Inhaalslag OBN-Fauna'. De volgende deskundigen hebben hun kennis in dit project ingebracht door mee te werken aan enquêtes en brainstormsessies: R. v. Apeldoorn (Alterra), F. Bink, S. Broekhuizen, R. Creemers (RAVON), J. v. Delft (RAVON), A. v. Dijk (SOVON), G. Groot Bruinderink (Alterra), T. Heijerman (Loopkeverstichting), B. Higler (Alterra), V. Kalkman (EIS), R. Ketelaar (Vlinderstichting), R. Kleukers (EIS), H. Moller Pilot, B. Odé (EIS), F. Niewold (Alterra), H. Sierdsema (SOVON), H. Strijbosch, C. v. Swaay (Vlinderstichting), H. Turin (Loopkeverstichting), W. v. Wingerden (Alterra), P. Verbeek (Bureau Natuurbalans) en D. Wansink (VZZ).

Het project "Inhaalslag OBN-Fauna" werd begeleid door het OBN-deskundigenteam Fauna, bestaande uit D. Bal (voorzitter), J. v. Alphen, A. Barendregt, T. v.d. Broek, W. Geraedts, B. Higler, H. Sierdsema, H. Strijbosch, T. Verstrael, J. Holtland, H. Esselink, H. Siepel, P. v.d. Munckhof, R. Slings, H. Weersink, D. Groenendijk en F. Bink.

De concepttekst van deze publicatie is doorgenomen door de leden van het OBN-deskundigenteam Fauna (zie hierboven) en leden van het OBN-deskundigenteam Droge en vochtige schraallanden, bestaande uit: R. Bobbink (voorzitter), R. Bekker, Ph. Bossenbroek, H. van Dobben, M. de Graaf, G. Heil, G. Kooijman, J. Roelofs, B. van Tooren, M. Wallis-de Vries, J. Willems & F. van der Zee. Daarnaast is commentaar geleverd door Michiel Wallis de Vries (Vlinderstichting), Jap Smits (Staatsbosbeheer), Frank Willems en Menno Hornman (Stichting Bargerveen).

Verschillende beheerders hebben de tijd genomen om met ons in het veld van gedachten te wisselen en interessante locaties binnen hun terreinen te laten zien: Jap Smits (Staatsbosbeheer), André Donker & Wout Antonis (Natuurmonumenten).

Foto's werden aangeleverd door Frits Bink, Jap Smits, F. Amiet, Arie Hoogendijk & Frank Willems.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
1.1	Herstelmaatregelen in heideterreinen in het kader van OBN	7
1.2	Doel van deze publicatie	7
1.3	Leeswijzer	8
2	Beschrijving van het heidelandschap	9
2.1	Ontstaan, gebruik en beheer van heidelandschappen	9
2.2	Variatie in heidelandschap en heidesysteem	11
2.3	Levensgemeenschappen van heidelandschappen; oorsprong en samenstelling	13
3	Invloed van de ver-factoren op de heidelevensgemeenschappen	17
3.1	Achteruitgang van de heidelevensgemeenschappen	17
3.2	Mechanismen achter de aantastende werking van ver-factoren	17
3.2.1	Directe effecten van ver-factoren	18
3.2.2	Nivellering van variatie binnen het heidelandschap	25
3.2.3	Veranderingen in het functioneren van het voedselweb in heiden	28
4	Richtlijnen voor beheer	33
4.1	Context en kenschets van de richtlijnen	33
4.1.1	Obstakels en speerpunten	34
4.1.2	Het streefbeeld: een soortenrijk, gevarieerd heidelandschap	35
4.1.3	Tweestappenplan	38
4.2	Algemene richtlijnen	38
4.2.1	Plaggen en chopperen	40
4.2.2	Maaien en afvoeren	46
4.2.3	Begrazing	49
4.2.4	Baggeren en opschonen oevers	55
4.2.5	Toevoegen van basische stoffen	60
4.2.6	Hydrologische maatregelen	62
5	Literatuurreferenties	65

1 Inleiding

1.1 Herstelmaatregelen in heideterreinen in het kader van OBN

In de afgelopen decennia is de druk op het milieu sterk toegenomen. Kwetsbare natuurgebieden zoals heideterreinen raken verzuurd en vermest door de recentelijk afgenomen, maar nog steeds te hoge atmosferische depositie van schadelijke stoffen. Daarnaast treedt ernstige verdroging op en liggen natuurgebieden vaak versnipperd en geïsoleerd in het landschap. Om de negatieve effecten van deze 'ver-factoren' tegen te gaan, is het 'Overlevingsplan Bos en Natuur' (OBN) in het leven geroepen. Effectgerichte maatregelen moeten leiden tot behoud en herstel van kwetsbare levensgemeenschappen. Onderzoek moet inzicht geven in welke van deze maatregelen waar uitgevoerd kunnen worden, en hoe dit gedaan moet worden. Tot voor kort is het onderzoek in het kader van het OBN voornamelijk gericht geweest op abiotiek en vegetatie. Hierdoor is voor de meeste knelpunten in het herstelbeheer van plantensoorten van droge en natte heide en heischrale graslanden inmiddels een oplossing gevonden (12, 33) en ook op de lange termijn worden voor de vegetatie nauwelijks negatieve bijwerkingen gesignaleerd (23). In het verleden ging men er veelal van uit dat herstel van de abiotiek en vegetatie vanzelf zou leiden tot herstel van de fauna. Inmiddels is gebleken dat dit geenszins het geval hoeft te zijn; maatregelen die gunstig zijn voor de flora, zijn dat niet perse voor de fauna (11). Voor het herstel en behoud van karakteristieke levensgemeenschappen van heide moet het beheer dus zowel op abiotiek, vegetatie als op fauna gericht zijn. Omdat in verhouding tot de flora de kennis over de fauna op het gebied van herstelbeheer een grote achterstand heeft, is enkele jaren geleden besloten tot een inhaalslag. In het project 'Inhaalslag OBN-Fauna' is, in opdracht van Directie Kennis (voorheen Expertisecentrum LNV), de beschikbare literatuur op een rij gezet en gecombineerd met de kennis die aanwezig is bij een groot aantal faunadeskundigen en beheerders (76).

1.2 Doel van deze publicatie

Dit boek is vooral bedoeld voor beheerders en beleidsmedewerkers, als handvat bij de planning, aanvraag en uitvoering van OBN-maatregelen in heideterreinen. Het bevat een overzicht van de gevolgen die de levensgemeenschappen van het heidelandschap ondervinden als gevolg van vermesting, verzuring en verdroging. Daarnaast beschrijft het boek aan de hand van praktische richtlijnen hoe de negatieve effecten van deze ver-factoren op flora en fauna met maatregelen kunnen worden hersteld én hoe voorkomen kan worden dat deze maatregelen op hun beurt problemen opleveren. Hierbij worden enkel de 'reguliere' OBN-maatregelen behandeld: plaggen, chopperen, maaien, (geschikt maken voor) begrazen, baggeren en opschonen, toevoegen van basische stoffen ('bekalken') en hydrologische maatregelen. Andere maatregelen zoals branden, drukkbegrazing en herintroductie zijn experimentele maatregelen of proefmaatregelen en worden hier niet of slechts zijdelings behandeld.

Door middel van duidelijke foto's worden problemen in heideterreinen en de praktische richtlijnen voor het uitvoeren van herstelmaatregelen voor de lezer inzichtelijk gemaakt. Deze richtlijnen zijn geen kant en klare 'recepten' voor succesvol herstel van heide. Ze geven aanknopingspunten en inzichten die nodig zijn om op een doelgerichte en verantwoorde manier herstelbeheer in heideterreinen uit te kunnen voeren. Voor herstel van abiotiek en vegetatie zijn de positieve effecten van de maatregelen inmiddels grotendeels bewezen. De meeste richtlijnen betreffen dan ook een verbetering in de uitvoering van deze maatregelen voor de fauna. Momenteel is er nog steeds een grote achterstand in onderzoek naar de effecten van maatregelen op de heidefauna (76, 87). Hierdoor kan slechts een deel van de genoemde richtlijnen onderbouwd worden door onderzoeksresultaten. De overige richtlijnen zijn gebaseerd op verwant onderzoek in andere landschappen of op ervaring en praktische kennis van faunadeskundigen en terreinbeheerders.

1.3 Leeswijzer

Dit boek gaat eerst in op het ontstaan van het heidelandschap en de effecten van ver-factoren en beheer op de karakteristieke vegetatie en fauna van heiden, daarna volgen praktische richtlijnen voor het uitvoeren van herstelmaatregelen. De teksten zijn gebaseerd op de samenvatting van Inhaalslag OBN-Fauna (76) en op het rapport 'Richtlijnen programma Uitvoering Herstelmaatregelen Fauna' dat eerder in opdracht van het Expertisecentrum LNV (nu Directie Kennis) werd geschreven (15). Deze teksten zijn aangevuld met nieuwe kennis en inzichten over het functioneren en herstellen van complete levensgemeenschappen van het heidelandschap. In de teksten verwijzen cijfers tussen haakjes naar literatuurbronnen die achter in het boek zijn opgenomen. Een groot aantal van deze verwijzingen heeft betrekking op toegankelijke en makkelijk te verkrijgen literatuur, zoals artikelen in *De Levende Natuur* en onderzoeksrapporten in het kader van OBN.

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van het heidelandschap. Er wordt ingegaan op het ontstaan van dit landschap, de processen die er spelen, de variatie en overgangen binnen het heidelandschap en de levensgemeenschappen die er voorkomen. Hoofdstuk 3 beschrijft de aantasting van levensgemeenschappen van heideterreinen door ver-factoren (vermesting, verzuring, verdroging en versnippering) en door veranderingen in landschap en terreingebruik. De manier waarop aantasting kan plaatsvinden, wordt onderscheiden in directe effecten van de ver-factoren en indirecte effecten, zoals het verdwijnen van variatie in het heidelandschap en veranderingen in het voedselweb. Tal van voorbeelden laten zien hoe dit kan leiden tot problemen voor typische heidesoorten. Hierbij wordt getracht om 'bottlenecks' voor karakteristieke soorten in beeld te brengen. Anders gezegd, er wordt antwoord gezocht op de vraag: "Wat zijn de belangrijkste eisen van verschillende soorten dieren en planten, waaraan het huidige heidelandschap niet meer voldoet?"

In hoofdstuk 4 worden de verschillende herstelmaatregelen voor vegetatie en fauna van het heidelandschap behandeld. Er wordt ingegaan op het doel van de maatregel en de verwachte effecten op de levensgemeenschappen van het heidelandschap. Hierbij komen zaken als intensiteit, schaal, ruimtelijke en temporele aspecten van maatregelen aan bod.

In de bijlage is een lijst met karakteristieke plant- en diersoorten voor het heidelandschap toegevoegd ter ondersteuning van het plannen van maatregelen en het monitoren van de effecten van de ingrepen.

2 Beschrijving van het heidelandschap

2.1 Ontstaan, gebruik en beheer van heidelandschappen

De menselijke invloed op de heide is van oudsher groot. De Nederlandse heideterreinen zijn ontstaan door het grootschalig kappen van het oorspronkelijk aanwezige bos in de vroege bronstijd (1900-1300 voor Christus) en mogelijk ook door de ontginning van hoogvenen (72). Op de hogere zandgronden leidde de stelselmatige ontbossing tot verarming van de bodem. De ontbossing ging hand in hand met een versterkte inzijing van regenwater en uitspoeling van voedingsstoffen. Op den duur ontstonden de haarpodzolgronden. Op deze gronden ontwikkelde zich een boomloos, halfnatuurlijk landschap waarvan de begroeiing voornamelijk bestond uit dwergstruiken van de heidefamilie; het heidelandschap (37). De heidelandschappen werden vervolgens in stand gehouden door eeuwenlange agrarische exploitatie. De heidestruiken blijven het gehele jaar door groen en ze kunnen dus jaarrond dienen als voedsel voor het vee, ook in perioden wanneer grassen en kruidachtigen niet meer genoeg voedingswaarde bezitten. Waarschijnlijk was dit de reden voor de populariteit van dit agrarische gebruik (37, 19, 43). Vanaf 1800 werden heideterreinen in toenemende mate omgevormd tot akkers, weilanden en bossen. En in de overgebleven heidevelden werd de exploitatie aldoor intensiever waardoor ze voor een deel veranderden in stuifzanden.

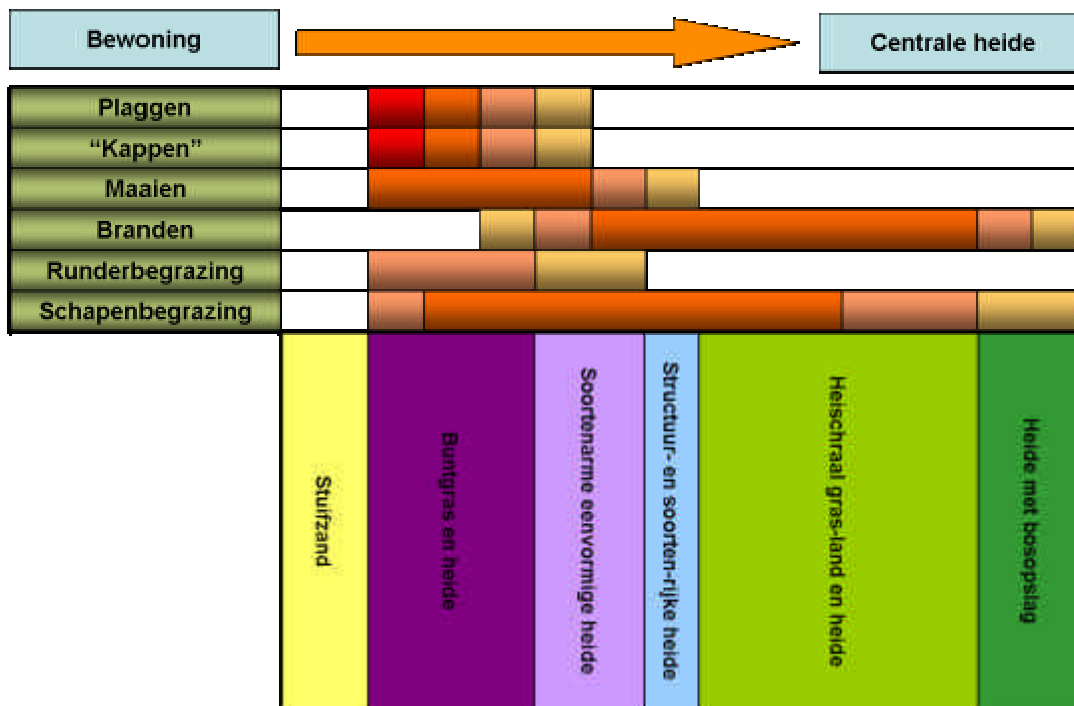
Omstreeks 1900 waren grote delen van de heide geen romantische arcadische velden - die voorstelling is een misvatting die bij velen nog speelt. Plaggen, maaïen, branden en begrazen werden vaak kleinschalig, maar zeer intensief uitgevoerd. Binnen een straal van enkele kilometers van de woonkernen kwam over zeer grote oppervlakten alleen lage, ca.10-15 cm hoge Struikheide voor, zonder enige opslag van bomen of struiken. Dit successiestadium van de heidegemeenschap werd door maaïen en branden in stand gehouden, omdat de heide dan het best geschikt was als voedsel voor koeien en schapen (19). Latere successiestadia, met oudere heideplanten (tot 80 cm hoog) en verspreide opslag van bomen en struiken, waren hooguit op de centrale delen van grote heideterreinen aanwezig; ver weg van de dorpskernen, waar de menselijke invloed veel kleiner was.

Een analyse van het historisch gebruik van het heidelandschap kan het inzicht vergroten in de sturende processen die vroeger de samenstelling van karakteristieke heidegemeenschappen bepaalden. Voor de droge heide is een analyse gemaakt van de relatie tussen het historisch agrarisch gebruik van de heidegebieden en de invloed die dit landgebruik heeft gehad op de (a)biotische karakteristieken van het heidelandschap (figuur 1). Er zijn hierbij 6 'landschapstypen' onderscheiden, variërend naar successiefase: van jong stuifzand naar oude, degeneratieve heide. Deze landschapstypen (en de overgangen daartussen) hadden allemaal hun eigen set van eigenschappen, waardoor er zowel op abiotisch als biotisch vlak een grote variatie aanwezig was. In dit droge heidelandschap kwam (vermoedelijk) een divers planten- en dierenleven voor, dat zich in feite alleen kon handhaven omdat de heideterreinen zo groot waren. Door de eigenschappen van dier- en plantensoorten te koppelen aan de karakteristieken van de verschillende landschapstypen, kan een inschatting worden gemaakt van de samenstelling van de verschillende levensgemeenschappen die vroeger in het droge heidelandschap voorkwamen. Een vergelijking van dit historische heidelandschap met de huidige situatie

kan vervolgens inzicht geven in de mogelijke knelpunten die de ontwikkeling van de karakteristieke heideflora en -fauna beperken.

In het begin van de 20^e eeuw nam het agrarische gebruik van de heide snel af, door de introductie van kunstmest en de wettelijk geregelde verdeling van de gemeenschappelijke gronden. De heide had geen nut meer en de oppervlakte nam sterk af: van 800.000 ha rond 1800, naar 100.000 ha in 1940 en 42.000 ha nu; en daarvan is meer dan 8.000 hectare deels bebost (Diemont 1996). In de behouden gebleven heideterreinen vond een veroudering en nivellering van de vegetatie plaats: de heide vergraste en verboste. Deze processen worden de laatste decennia versneld door atmosferische depositie. De kwaliteit van de heidegemeenschappen is in de resterende terreinen sterk achteruitgegaan doordat er niets of weinig meer gedaan werd om ze in stand te houden en vermessing, verdroging, verzuring en versnippering tegen te gaan. Hierop wordt in hoofdstuk 3 verder ingegaan.

De overgebleven heiderelicten kregen in het midden van de 20^e eeuw een beschermde status. Men ontdekte al snel, dat deze gebieden actief beheerd moesten worden wanneer men haar karakteristieke eigenschappen en levensgemeenschappen wilde behouden. Het natuurbeheer dat men in de overgebleven heidegebieden ging toepassen is hoofdzakelijk gebaseerd op de traditionele agrarische technieken, zoals begrazen, branden en plaggen (38). Vanaf de jaren 80 van de vorige eeuw werden maatregelen als plaggen en branden ten behoeve van natuurbescherming grootschalig toegepast. De bedoeling was zo de vergrassing en verbossing die in grote delen van de heideterreinen plaatsvond, terug te draaien. Deze manier van grootschalig terugzetten van de vegetatiesuccessie bleek in een bepaald opzicht succesvol: het bleek mogelijk zo de 'paarse heidevelden' te herstellen en te behouden. Op den duur, tegen het einde van de 20^e eeuw, wordt het echter steeds duidelijker dat herstel en beheer van de levensgemeenschappen van het heidelandschap niet zo gemakkelijk is en dat kleinschalige maatregelen en maatwerk nodig zijn.



Figuur 1. Het eeuwenlange agrarische gebruik van de heide leidde tot een gestage verarming van de bodem. Door een gradiënt in gebruiksintensiteit (rood is intensief, geel is extensief) vanaf de dorpskernen naar de centrale delen van de heide ontstond variatie in bodemrijkdom, met als meest extreme vorm de zandverstuivingen. Daarnaast bestond er ook een ruimtelijke variatie in het type heidegebruik. De verschillen in (a)biotische condities die dit opleverde, resulteerden in een verhoging van de variatie in flora- en faunagemeenschappen. Figuur uit Vogels (94).



Foto 1 Veel heidegebieden hebben er voor de bevolkingsexplosie van 1800 waarschijnlijk ongeveer zó uitgezien: verspreide heidestruiken, afgewisseld met heischraal grasland. Dit landschap was de leefomgeving van de soorten die wij nu als karakteristieke heidesoorten zien (foto J. Smits.)

2.2 Variatie in heidelandschap en heidesysteem

Dit boek behandelt “het heidelandschap” in ruime zin. Heidesystemen of terreinen kennen - afhankelijk van hun grootte en landschappelijke ligging - een aanzienlijke variatie aan ecotopen. Gewoonlijk denkt men bij heide alleen aan ecotopen die direct met heide geassocieerd zijn, bijv. droge en natte heidevegetaties, stuifzanden en vennen. Wanneer men de ligging van de heidegebieden binnen het gehele landschap op regionale schaal bekijkt, komt hier nog een veelvoud aan rand-ecotopen bij, zoals overgangen naar droge en natte schraalgraslanden, naar beekdalen, hoogvenen en voedselarme bossen. Binnen de verschillende ecotopen en op de overgangen daartussen kan een veelheid aan milieu- of standplaatstypen worden onderscheiden die o.a. verschillen in:

- Voedselrijkdom: Veel bodems in heideterreinen zijn relatief voedselarm. Extreem voedselarme omstandigheden komen voor in jonge stuifzanden zonder humuslaag. Voedselrijkere plekken worden o.a. aangetroffen op de oevers van droogvallende vennen en in de (overgangen naar) aangrenzende beekdalen en agrarische gebieden.
- Zuurgraad van de bodem: De meeste heidebodems zijn zuur, maar plaatselijk kunnen (zwak) gebufferde situaties voorkomen, bijvoorbeeld waar keileem dicht aan de oppervlakte komt, op voormalige omgeploegde en/of bekalkte wildakkertjes en in (overgangen naar) aangrenzende beekdalen. Deze zwak gebufferde plekken zijn floristisch veel rijker dan de rest van het heidelandschap en (met name daardoor) ook voor faunasoorten van belang.
- Reliëf op grote tot zeer kleine schaal: Een voorbeeld van reliëf op grote schaal is een hoogteverschil in een terrein, zodat een hoog en een laag gelegen gedeelte zijn te onderscheiden, en zowel droge heide, vochtige heide, natte heide als een heideven aanwezig (kunnen) zijn. Bij reliëf op (zeer) kleine schaal gaat het bijvoorbeeld om steilrandjes waarin bijen en wespen kunnen nestelen.

- Microklimaat: De ruimtelijke en temporele variatie in temperatuur en luchtvochtigheid is zeer groot in heiden door verschillen in o.a. vegetatiebedekking, bodemstructuur en expositie (73). Temperaturen kunnen extreme waarden bereiken (tot 60 graden Celcius op zuidhellingen met rulle humus tot vrieskou op open zand in heldere zomernachten).
- Grondwaterstand: Afhankelijk van de lokale en regionale grondwaterstromen komen zowel locaties voor met zeer sterke wisselingen in grondwaterstand (bijv. droogvallende vennen), als ook locaties met een stabiele grondwaterstand (bijv. hoogveenachtige vennen).
- Vochtgehalte van de bodem: In stuifzanden is de bovenste laag van de bodem niet in staat water vast te houden; regenwater spoelt langs de hellingen af (en zorgt voor watererosie) of zakt snel weg in de bodem. Laag gelegen bodems met een flink humusprofiel zijn echter vrijwel altijd vochtig.
- Bodemdynamiek. In stuifzanden is onder invloed van wind en neerslag sprake van een grote bodemdynamiek. Oude heidevegetaties echter kennen een relatief stabiele bodem.



Foto 2 Heideterreinen kennen een veelvoud aan rand-ecotopen (zoals vochtige schraallanden), die mede bepalend zijn voor de diversiteit van een heideterrein (foto: F. Bink).

De grote variatie in terreincondities en standplaatsen resulteert, en is deels vervlochten, met begroeiingen die verschillen in samenstelling en structuur. De heterogeniteit is uitermate belangrijk en essentieel voor de vorming van complete, soortenrijke levensgemeenschappen van heidesystemen. Daarbij is het van veel belang, dat verschillende typen van standplaatsen van een 'goede' kwaliteit in een bepaalde combinatie en context voorkomen (zie 2.3 en hoofdstuk 3). Agrarisch gebruik en natuurbeheer kan de heterogeniteit van heideterreinen verhogen, maar ook verlagen of nivelleren. Dat kan bijv. gebeuren wanneer de toepassing van beheermaatregelen niet goed doordacht is. Nivellering van de terreinheterogeniteit treedt ook op als gevolg van vermesting, verzuring en verdroging. Deze nivellering beschouwt men voor (met name) faunasoorten als een heel belangrijke bottleneck (zie hoofdstuk 3).



Foto 3 (a, b) Variatie op kleine (boven) en grote (onder) schaal. De heterogene heidelandschappen herbergen zeer soortenrijke levensgemeenschappen (foto's M. Nijssen).

2.3 Levensgemeenschappen van heidelandschappen; oorsprong en samenstelling

Het West-Europese heidelandschap is een cultuurlandschap. Het is honderden jaren geleden ontstaan en geleidelijk veranderd zoals alle landschappen dat van nature doen. Het welbekende beeld van de uitgestrekte, boomloze paarse vlakte dateert uit de laatste fase van het heidegebruik, zo rond 1750-1800. Onlangs is aangetoond, dat in de beginfase van het heidelandschap niet struikheide, maar soorten van heischrale graslanden zoals Borstelgras en Hondsviooltje, meer beeldbepalend waren (72). Wat we nu verstaan onder heide, is het product van vele honderden jaren van bodemverarming.

De heide is geen eeuwenoude struikheidevegetatie of onveranderlijk museumlandschap. De flora- en faunasoorten die thuishoren in de heide, dus deel uitmaken van de karakteristieke levensgemeenschappen van het heidelandschap, komen of kwamen oorspronkelijk in natuurlijke landschappen voor. Daarbij moeten we denken aan gebieden of plekken waar de vegetatie als gevolg van bepaalde stressfactoren niet overgaat in een bosvegetatie. De stress kan bijvoorbeeld samenhangen met voedselarmoede, zeer hoge of juist lage temperaturen of een sterke geomorfologische dynamiek. Levensgemeenschappen van heiden verenigen een unieke combinatie van soorten uit steppes, hooggebergten, boreale gebieden, halfwoestijnen en rivier- en kustduinen. De samenstelling van heidegemeenschappen verschilt per heideterrein. De flora en fauna is zowel afhankelijk van het karakter van het terrein (aanwezige ecotopen, vochtgradiënt, landschappelijke inbedding) als van de gebruiks- en beheersgeschiedenis. Plantensoorten en sommige faunasoorten doorlopen hun hele levenscyclus in één specifieke ecotoop of overgang tussen ecotopen (op micro-schaal of standplaatsniveau). Andere faunasoorten maken gebruik van verschillende (overgangen tussen) ecotopen (op meso-schaal) of maken gebruik van een groot deel van het heidelandschap (op macro- of landschapsschaal), al dan niet in combinatie met andere landschapselementen zoals bossen en beekdalen. Door de grote variatie in eigenschappen en in het ruimtegebruik kan een bepaalde herstelmaatregel voor sommige soorten van de levensgemeenschap gunstig zijn, terwijl dezelfde maatregel voor andere soorten uit die gemeenschap neutraal uitpakt of negatief werkt.

Veel dier- en plantensoorten in het heidelandschap zijn aangepast aan relatief voedselarme, min of meer zure tot zwak gebufferde omstandigheden. De meest extreme condities (met name in voedselarmoede, zuurgraad, temperatuur en bodemdynamiek) doen zich voor in droge heide en (overgangen naar) stuifzanden. Beeldbepalende plantensoorten zijn dan o.a. Struikheide en Buntgras en daarnaast komen er veel korstmossen voor. De faunagemeenschappen van deze heidegedeelten zijn soortenarm, maar herbergen wel zeer karakteristieke soorten. Voorbeelden daarvan zijn Tapuit, Duinpieper, Zandhagedis, Blauwvleugelsprinkhaan, Kleine Heivlinder en Grijs Spinnendoder (2). In droge heide komen gebufferde of (zwak)gebufferde locaties voor; ze liggen meestal op plaatsen waar keileem dagzoomt of vlak onder het bodemoppervlak ligt. Op deze locaties komen van het algemene beeld afwijkende plantensoorten voor, zoals Stekelbrem, Verfbrem, Tormentil en Hondsviooltje. Voor een aantal faunasoorten zijn deze locaties zeer belangrijk, vooral omdat ze daar specifieke waard- en voedselplanten vinden. Voorbeelden zijn de Grote Parelmoervlinder, Tormentilbij en Oranje Zandbij (9, 62). In vochtige heideterreinen heersen minder extreme microklimatologische condities. De meest dominante plantensoorten zijn hier Gewone Dopheide en Pijpenstrootje. Op iets minder zure, licht gebufferde plekken komen daar soorten bij als Heidekartelblad en Klokjesgentiaan. Typische faunasoorten van vochtige heide zijn Levendbarende Hagedis en Gentiaanblauwtje.

Een aantal faunasoorten maakt gebruik van verschillende onderdelen in het heidelandschap, zoals het Korhoen en de Ericabij. Het vrouwtjes van het Korhoen broeden in enigszins ruige plekken in open heidevelden omdat daar de dichtheid aan predatoren laag is. De mannetjes maken van open heidevegetatie gebruik om te baltsen. De kuikens overleven de eerste weken alleen als in de nabijheid voldoende voedsel aanwezig is, dat wil zeggen insecten. Hiervoor zoeken ze dichte kruidenrijke vegetaties op in extensief gebruikt agrarisch gebied, in wildakkers of beekdalen die grenzen aan de heide. De oudere kuikens en volwassen dieren foerageren op plantaardig voedsel, dat ze vooral zoeken in boszomen aan de randen van heideterreinen (58). De larven van de Ericabij zijn met betrekking op hun voedsel in Nederland gespecialiseerd op stuifmeel van Gewone Dopheide. De soort komt dus alleen in heidesystemen voor wanneer vochtige heide aanwezig is. Het nest wordt echter gegraven in open droge zandige plekken. En voor de bekleding van de binnenkant van het nest is deze behangersbij ook nog afhankelijk van blad en schors van loofbomen zoals berken (62).



Foto 4 (a, b) Verschillende faunasoorten maken gebruik van het hele heidelandschap.

Boven: Het Korhoen heeft aan heide alleen niet genoeg; voor een succesvolle reproductie is meer nodig. De overleving van kuikens is afhankelijk van een hoog aanbod aan grote insecten, de volwassen vogels zijn afhankelijk van grote zaden, bessen en bloemknoppen van kruidachtigen. Deze combinatie van voedsel was vroeger aanwezig in de randzones van het heidegebied; in hooilanden, kleine (rogge)akkertjes, bosbesvegetatie, etc. (foto: A. Hoogendijk).

Onder: De Ericabij foerageert in vochtige Dopheidevegetaties, maar nestelt in de grond op droge zandige plekken. Daarnaast gebruikt de soort stukjes van berken- of wilgenblaadjes om de binnenkant van het nest te bekleden (foto: F. Amiet).

3 Invloed van de ver-factoren op de heidelevensgemeenschappen

3.1 Achteruitgang van de heidelevensgemeenschappen

De kwaliteit van de behouden gebleven heideterreinen is de afgelopen decennia sterk verminderd, zowel als gevolg van veranderingen in het beheer en gebruik als door vermessing, verdroging, verzuring en versnippering. Deze processen hebben grote invloed op de levensgemeenschappen van deze heideterreinen. Veel karakteristieke plantensoorten die afhankelijk zijn van voedselarme, zwak gebufferde omstandigheden gaan achteruit (21, 33). Ook voor veel karakteristieke faunasoorten van heideterreinen wordt een negatieve trend gesignaleerd. Zoals in paragraaf 2.1 al is beschreven, is duidelijk gebleken dat het heidelandschap enkel kan blijven bestaan bij actief beheer. Deze noodzaak voor beheer is met de aantasting door ver-factoren nog groter geworden. Toch geven veel faunadeskundigen aan, dat in recente tijd ongelukkig uitgevoerd beheer een belangrijke oorzaak is voor de achteruitgang van een aantal karakteristieke diersoorten van de heide. Dit kon gebeuren omdat bij de uitvoering van herstel- en beheermaatregelen tot voor kort vrijwel alleen met abiotiek en vegetatie rekening wordt gehouden en nauwelijks met de fauna. Zo geven de deskundigen bijv. aan dat begrazing en grootschalig plaggen één van de belangrijkste bedreigingen voor reptielen vormen. Dit vormt voor hen zelfs een groter probleem dan de effecten van verzuring, verdroging en vermessing samen. Ook het snel verhogen van het grondwaterpeil als gevolg van ingrepen in de hydrologie heeft op sommige locaties tot problemen geleid, bijvoorbeeld voor het Gentiaanblauwtje (schrift. med. J. Smits) en het Veenhooibeestje (51). Dat natuurbeheer dit ongewenste effect kan hebben, schrijven de deskundigen in de eerste plaats toe aan de grootschaligheid, intensiteit en snelheid waarmee tot voor kort herstelmaatregelen werden uitgevoerd. In de tweede plaats noemen ze ook de locatiekeuze en de timing van uitvoering in dit verband. In hoofdstuk 4 komen deze onderwerpen uitgebreid aan bod.

3.2 Mechanismen achter de aantastende werking van ver-factoren

Hieronder zijn voor de verschillende ver-factoren de mechanismen uitgewerkt via welke zij de levensgemeenschappen van het heidelandschap beïnvloeden. Er wordt zowel ingegaan op de directe effecten van de verschillende ver-factoren (paragraaf 3.2.1) als op de indirecte effecten. De indirecte effecten hebben voor een groot deel te maken met de nivellering van de variatie in het heidelandschap (paragraaf 3.2.2) of met de doorwerking van ver-factoren in het voedselweb (paragraaf 3.2.3). De effecten van vermessing, verzuring, verdroging en versnippering zijn lang niet altijd van elkaar te scheiden. Vaak spelen er meerdere ver-factoren tegelijkertijd en de factoren kunnen elkaar onderling beïnvloeden. Wanneer sprake is van onderlinge beïnvloeding van verschillende ver-factoren wordt dit in de tekst behandeld.

3.2.1 Directe effecten van ver-factoren

Vermesting

Van vermisting (eutrofiëring) wordt gesproken wanneer voedingsstoffen aan het heidesysteem worden toegevoegd. Het gaat vrijwel uitsluitend om stikstofverbindingen. De belangrijkste vorm van vermisting vindt plaats via stikstofdepositie vanuit de lucht en is een gevolg van de sterke toename van atmosferische stikstof. Daarnaast kan uit aangrenzende agrarische gebieden stikstof inspoelen via het grondwater. Verder kan ook nog 'interne vermisting' optreden wanneer in het verleden opgehoopt organisch materiaal versneld wordt afgebroken en daaruit voedingsstoffen beschikbaar komen. Deze versnelling van het afbraakproces gebeurt wanneer er zuurstof in een anaëroob systeem komt (bijv. in bodems van vennen bij verdroging) of wanneer in een zuur systeem de pH wordt verhoogd (bijv. door bekalking van heide of inlaat van gebufferd water).

Door vermisting wordt de van nature aanwezige groeibeperking door een tekort aan stikstof opgeheven. Het gevolg is een versnelde groei van lagere en hogere planten. Dit betekent dat de vegetatiesuccessie sneller verloopt en dat de samenstelling, structuur en voedselkwaliteit van de vegetatie verandert. Over het algemeen treedt als gevolg van vermisting in heide vergrassing op. Hoge, breedbladige grassoorten zoals Bochtige Smele en Pijpenstrootje kunnen zeer efficiënt gebruik maken van de extra stikstof die beschikbaar komt. Doordat deze soorten veel sneller gaan groeien, ontstaat er concurrentie om licht, waarbij kleine kruidachtigen en lage smalbladige grassen zoals Schapegras en Buntgras het afleggen. Ook Dopheide een Struikheide kunnen bij vergrassing vanwege lichtgebrek verdwijnen.

Aanrijking met stikstof veroorzaakt zeer waarschijnlijk een versnelde ontwikkeling van algenmatten in open stuifzand en open zandige plekken in droge heide. De vestiging van algen (blauw- en groenwieren) is een natuurlijk proces bij de vastlegging van stuifzanden. Algen vormen een dunne korst in de bovenste zandlaag en stabiliseren het open zand (verkitting). Uit labexperimenten blijkt dat zonder algenkorst 75 maal meer zand verwaait dan met een dunne algenkorst, en 300 maal meer dan met een dikke algenkorst (79). Met een versnelde stabilisatie van het zand en ontwikkeling van dikkere algenmatten door aanrijking met stikstof neemt het vochtbergend vermogen en het gehalte aan organische stof en nutriënten toe. Dit betekent dat hogere planten, mossen en korstmossen zich eerder vestigen. Dit gaat wind- en watererosie tegen en open zandige plekken groeien nóg sneller dicht omdat buffering van de bodem door (iets kalkrijker) stuivend zand minder plaatsvindt. Mogelijk kunnen sommige ongewervelde dieren zich niet door een dikke algenlaag heen in het zand graven of wordt het microklimaat al gauw te koel en vochtig voor de ontwikkeling van eieren en larven van faunasoorten in de bodem.

In vennen kan vermisting leiden tot versnelde vegetatiesuccessie en verlanding. In open water is algenbloei het gevolg, waardoor zuurstofloze condities in water en bodem ontstaan. De effecten van zuurstofloosheid op de fysiologie van dieren zijn nauwelijks onderzocht. Larven van libellen blijken slechts enkele dagen tegen lage zuurstofconcentraties bestand. Van pantserjuffers is bekend dat ze bij zuurstofgebrek elkaars zuurstofopnemende lamellen opeten. De vermisting kan gepaard gaan met slibophoping op de bodem. Het kan dan gebeuren dat soorten die afhankelijk zijn van een zandige bodem verdwijnen, alleen al doordat hun lichtbruine lichaamskleur niet meer als schutkleur werkt.

Vermisting leidt tot veranderingen in de planten die de dieren dienen als voedsel. Vermisting heeft dus invloed op de kwaliteit van hun voedsel. Bovendien beïnvloedt vermisting de groeicyclus van planten. De planten groeien harder en het eiwitgehalte in de plant zal (in eerste instantie) stijgen. Voor rupsen van vlindersoorten die gedurende korte tijd in het vroege voorjaar foerageren, is dat gunstig. Rupsen die pas in het late voorjaar of de zomer uitkomen, worden benadeeld omdat de voedingswaarde van de planten dan al gaat dalen; vroeger in het seizoen dan voorheen. Voor het Veenhooibeestje kan deze achteruitgang in de



Foto 5 In vennen kan vermessing leiden tot algenbloei, waardoor zuurstofloze condities in water en bodem ontstaan (foto H. van Kleef).

groeiomstandigheden van de waardplanten een belangrijke bottleneck vormen. Voor deze soort moet het blad van gras of zegge gedurende een periode van minstens 150 dagen voldoende voedingswaarde hebben (mond. med. F. Bink).

De toename van plagen van het Heidehaantje schrijft men toe aan de door vermessing veranderde groeicyclus van Struikheide (27, 82). De larvale ontwikkeling van deze keversoort valt nu namelijk samen met de periode waarin deze plant een hoge voedingswaarde heeft. Door de verhoogde voedingswaarde van de Struikheideplanten groeien de larven sneller. De predatiegevoelige fase in de levenscyclus is korter en de populatie is kortere tijd blootgesteld aan predatoren. Een verhoogde voedingswaarde leidt bovendien tot een verhoogd reproductiesucces van de volwassen kevers (18). Het Heidehaantje consumeert bij plagen zeer grote hoeveelheden Struikheide. Daarom hebben deze plagen heel veel invloed op de vegetatiestructuur en de diversiteit van de vegetatie in de heide. Na een plaag kan sterke vergassing optreden als gevolg van gunstigere lichtomstandigheden voor grassen in combinatie met de hoge beschikbaarheid van voedingsstoffen.

Herbivoren die in het voorjaar foerageren, kunnen alleen profiteren van de toegenomen stikstofdepositie, indien de stress bij de voedselplant niet toeslaat (9). Sommige plantensoorten worden kwetsbaarder voor stress door een verstoring van het evenwicht in de stoffenbalans. In gebieden met een hoge stikstofdepositie is Struikheide in het voorjaar gevoeliger voor vorst en in de zomer gevoeliger voor droogte. De plant loopt dan een groter risico af te sterven.

In het water heeft vermessing mogelijk negatieve gevolgen voor de kwaliteit van het organisch materiaal. Achteruitgang van de kwaliteit van het detritus is voor detritivoren vermoedelijk een belangrijke bottleneck. In kalkarme wateren vindt van nature een geleidelijke afbraak van organisch materiaal plaats. Veel specialistische detritivore soorten (muggen en wormen) zijn hierop ingesteld. Bij vermessing kunnen deze soorten zich moeilijk aanpassen aan de veranderingen die in het dode materiaal plaatsvinden. Misschien komt dat doordat de voedingswaarde van het fijn organisch materiaal te snel verdwijnt (61), zodat het slib voor hen snel waardeloos wordt of in de voor hen belangrijke perioden van het jaar geen voedingswaarde heeft. Mogelijk spelen effecten op de fysiologie een rol.

Verzuring

Verzuring treedt op wanneer chemische verbindingen in het heidesysteem terecht komen die H⁺-ionen afscheiden. De belangrijkste stof die in Nederland verzuring veroorzaakt is ammoniak, die vrijwel allemaal uit de intensieve landbouw vandaan komt. Daarnaast zorgen stikstofoxiden en zwaveldioxide - met name afkomstig van industrie en wegverkeer - voor verzuring in natuurgebieden. In grondwatergevoede systemen kan verdroging indirect tot verzuring leiden. Verzuring vindt dan plaats doordat door de verdroging de aanvoer van bufferende kationen stopt.

Bij verzuring daalt de pH van bodem en water. Verzuring leidt tot het wegvallen van de carbonaat-buffering. Hierdoor verdwijnt de buffercapaciteit van de bodem en het water. Calcium, ijzer, magnesium en aluminium worden gemobiliseerd. Na een piek in de beschikbaarheid spoelen deze stoffen snel weg uit de bovenste lagen van de bodem. Daarbij zijn hoge concentraties van opgelost aluminium giftig voor veel plantensoorten (21).

Door de daling van de pH, door giftige effecten van opgeloste metalen, verlaging van de buffercapaciteit en veranderde nitraat/ammonium-verhoudingen verdwijnen karakteristieke plantensoorten van voedselarme, zwakgebufferde omstandigheden. In droge heides en schraallanden verdwijnen bijv. Valkruid, Rozenkransje, Hondsviooltje, Wilde Tijn en Zandblauwtje (22). Hiervoor komen stikstofminnende en zuurtolerante grassen en mossen in de plaats, zoals Bochtige Smele, Pijpenstrootje en Grijs Kronkelsteeltje.

In heidevennen heeft verzuring (meestal in combinatie met vermesting en/of verdroging) geleid tot het verdwijnen van karakteristieke plantensoorten van voedselarme en zwakgebufferde milieus.



Foto 6 Verzuring leidt in heidevennen tot het verdwijnen van karakteristieke plantensoorten van voedselarme en zwakgebufferde milieus (foto H. van Kleef).

In zwakgebufferde wateren gaat het om soorten uit het Oeverkruid-verbond (o.a. Oeverkruid, Moerashertshooi, Waterpostelein) en uit het Zomp- en Gewone zeggeverbond (o.a. Egelboterbloem). In zwakgebufferde natte heiden verdwijnen soorten uit het Biezenknoppen-Pijpenstrootjesverbond (o.a. Parnassia, Spaanse ruiter, Blauwe knoop, Klokjesgentiaan). Hiervoor komen stikstofminnende en zuurtolerante grassen en russen in de plaats, zoals Knolrus in vennen en Pijpenstrootje in natte heide.

Er is veel bekend over de directe effecten van verzuring op de fysiologie van watermacrofauna, vissen en amfibieën. Door het constante contact met het water zijn in het aquatische milieu de directe effecten van verzuring op de fysiologie van dieren waarschijnlijk belangrijker dan in het terrestrisch milieu. Toch verwacht men dat voor de meeste faunasoorten van vennen en zwakgebufferde wateren de directe gevolgen van verzuring minder sterk tellen dan de indirecte effecten. Een indirecte effect is bijv. het verdwijnen van open water als verzuring verdroging en versnelde

vegetatiesuccessie teweeg brengt. Waterorganismen met een grote calciumbehoefte (mollusken, kreeftachtigen) komen in de problemen door het versneld uitspoelen van kationen (met name calcium) als gevolg van zure neerslag. Voor veel macrofaunasoorten van het water resulteert een pH-verlaging in een aantasting van achtereenvolgens de calciumregulatie, de natriumregulatie, het zuur-basen evenwicht en uiteindelijk van de ademhaling (44). Voor vissen is een heel scala aan fysiologische effecten aangetoond, uiteenlopend van kieuwbeschadigingen en een verstoord metabolisme tot een minder goed uitkomen van de eieren (63). Vergelijking met historische gegevens wijst op een verandering in de samenstelling van de visfauna in veel Nederlandse vennen. Vaak zijn soorten of zelfs hele visgemeenschappen verdwenen als gevolg van verzuring. In tenminste 67% van de tegenwoordig extreem zure wateren heeft vroeger vis gezeten. Wateren met $pH < 5$ waren over het algemeen visloos; hoogstens is de zuurtolerante Amerikaanse Hondsvijl aanwezig (55). Voor amfibieën zijn effecten op het reproductiesucces veelvuldig aangetoond.



Foto 7 (a, b) De rups van het Heideblauwtje (onder) leeft van Struikheide. Deze soort heeft zich vermoedelijk naar vochtigere heide verplaatst als gevolg van verzuring: door verzuring is de conditie van Struikheide tegenwoordig in vochtig terrein beter dan in droger terrein (foto's F. Bink).

De sterftekans van eieren van de Heikikker blijkt tot 95% toe te nemen als de pH van het water daalt van 5,0 naar 3,5 (54). Sommige soorten amfibieën zijn in staat om zo nodig andere, niet-verzuurde ei-afzetplekken op te zoeken. Heikikkers zetten hun eieren in het open water van vennen af, maar in natte jaren kunnen ze zich ook in niet-verzuurde tijdelijke wateren succesvol voortplanten, zoals ondiep water op oevers, in natte heide en zelfs op bospaden.

Verzuring kan een negatief effect hebben op de conditie en het eiwitgehalte van Struikheide, met name in droge terreinen. De rups van het Heideblauwtje leeft van de groeipunten van Struikheide en is afhankelijk van een hoog eiwitgehalte. Deze soort heeft zich vermoedelijk verplaatst van drogere naar vochtigere heide, omdat daar de conditie van Struikheide tegenwoordig beter is (11).

Bodemverzuring vergroot de biologische beschikbaarheid van cadmium, kwik, aluminium, lood en andere metalen voor planten en bodemdieren. Sommige plantensoorten verdwijnen als vergiftiging door teveel aluminium mogelijk wordt (21). Wanneer in de bodem opgeslagen zware metalen vrijkomen, dringen ze gemakkelijker in de voedselketen door (in het heidelandschap vooral door schimmels, mosmijten en springstaarten) en neemt de kans op vergiftiging van organismen toe. Verschillende studies hebben uitgewezen dat ook grote dieren in verzuurde milieus meer metalen opnemen dan in niet-verzuurde milieus. Dat geldt bijv. voor cadmium in Korhoenders en Edelherten, Wilde Zwijnen en runderen op de arme zandgronden (58). Over mogelijke effecten van de ophoping van zulke stoffen ('bioaccumulatie') op succes van voortplanting, overleving en populatiegrootte van deze dieren is nauwelijks iets bekend. De effecten komen deels overeen met de effecten van gebrek aan calcium, wat vaak tegelijkertijd speelt bij verzuring. Detailstudies wijzen uit dat zowel ophoping van metalen als calciumgebrek problemen kunnen veroorzaken, afhankelijk van de bodemeigenschappen ter plekke en het foerageergedrag van de soort (41). Desondanks menen deskundigen dat in het huidige heidelandschap bioaccumulatie hooguit voor een klein aantal gevoelige soorten een bottleneck is. Effecten van toenemende aluminium-, lood- en ijzerconcentraties op de fysiologie en overleving van watermacrofauna zijn meermaals aangetoond (99). Toch verwacht men ook voor diersoorten van heidevennen niet dat de toename van metaalconcentraties als gevolg van verzuring een belangrijke bottleneck is.

Verdroging

Verdroging vindt plaats wanneer er water uit een gebied wordt verwijderd of wanneer de watertoevoer vanuit de omgeving wordt verminderd of stopt. Actieve ontwatering (graven van sloten en greppels) als ook verhoogde verdamping van water door de aanplant van (naald)bomen kan hierbij een rol spelen. Verdroging gaat gepaard met verlaging van grondwaterstanden en daling van de gemiddelde waterstand. Waterstandsfluctuaties nemen ondertussen vaak toe doordat de watermassa die zich in het gebied bevindt meer regenwaterafhankelijk wordt. Door een verminderde aanvoer van bufferende stoffen kan verzuring optreden. Interne veresting kan ook optreden als indirect gevolg van verdroging: een versterkte mineralisatie van organisch materiaal als gevolg van dieper in de bodem doordringende lucht heeft een verhoging van de beschikbaarheid van voedingsstoffen tot gevolg.

Door verdroging verdwijnen plantensoorten die gebonden zijn aan permanent natte of vochtige omstandigheden. Soorten die diep wortelen en soorten die sterk wisselende waterstanden verdragen, kunnen zich daarentegen uitbreiden, bijv. Riet en Grauwe Wilg. Soorten die afhankelijk zijn van een continu hoog waterpeil – zoals veenmossen - zullen als eerste verdwijnen.

Deskundigen beschouwen verdroging als één van de belangrijkste bottlenecks voor (semi-)aquatische dieren van vennen, zwakgebufferde wateren en hun oevers. Hun levensruimte krimpt met de afname van het watervolume tijdens het verdrogingsproces en mede door versnelde verlanding. Eieren verdrogen en komen niet uit en larven van watermacrofauna sterven. Larven sterven vooral als ze zich niet in een vochtige bodem kunnen terugtrekken. Sommige soorten doen dit van nature



Foto 8 Een effect van verdroging is het dominant voorkomen van Pijpenstrootje. Dit gras vormt op den duur hoge horsten (Foto St. Bargerveen).

nauwelijks, in andere gevallen maakt de aard van de verdrogende bodem dit onmogelijk. Ook stagneert de ontwikkeling van larven in een droge periode. Het gaat er niet alleen om dat een plas vaker en langere tijd droogvalt, maar vooral ook op welk moment in het seizoen dat gebeurt, omdat dit interfereert met de levenscyclus van dieren. Net zo als voor de macrofauna komen amfibieën in de problemen bij verdroging van biotopen: eieren kunnen niet worden afgezet of kunnen zich niet ontwikkelen, de overwinteringsmogelijkheden verminderen (verhoogd risico op doodvriezen in waterbodem), de kans op het ontwijken van predatoren vermindert.

Bij vogels leidt verdroging in het algemeen tot een afname van alle soorten die leven in wateren, moerassen en oevers. Er zijn dan immers minder voor hen geschikt habitats aanwezig (11). Met name de afname van geschikte broedplekken en de afname van foerageergebieden spelen een rol. Daarnaast kunnen geschikte prooidieren verdwijnen door veranderingen in het voedselweb (zie 3.2.3).

Ook in natte heide vormen verdrogingsproblemen een belangrijke bottleneck in het voorkomen van dieren. Eieren van o.a. de Moerassprinkhaan moeten vochtig blijven (zijn hygroofiel) en hebben af en toe inundatie nodig. De eieren van Sabelsprinkhanen (waaronder heidekarakteristieke soorten als Wrattenbijter, Heidesabelsprinkhaan en Zadelsprinkhaan) zijn in sterke mate afhankelijk van vochtige bodemcondities tijdens de embryonale ontwikkeling. De hier genoemde soorten -karakteristieke heidesoorten- zijn allemaal enigszins aangepast aan incidentele droge perioden. De embryonale ontwikkeling kan voor een bepaalde periode stopgezet (de 'diapauze'). De duur van de diapauze kan bij deze soorten ook nog variëren. Zo is van de Wrattenbijter bekend dat sommige eitjes tot 7 jaar in diapauze blijven (49). Door deze aanpassingen zijn de populaties van deze soorten weliswaar goed bestand tegen incidentele droogte, maar als verdroging chronisch droge omstandigheden tot gevolg heeft, is uitsterven van de populatie onherroepelijk. Ook voor een aantal reptielensoorten is verdroging een belangrijk probleem. Labexperimenten hebben uitgewezen dat Levendbarende Hagedissen niet zijn opgewassen tegen continu droge omstandigheden. Ze verliezen dan teveel vocht (74). De groeisnelheid en activiteiten van Levendbarende Hagedissen bleken af te nemen naarmate de beschikbaarheid van water lager was, vooral in populaties die gewend zijn aan natte habitats (56).



Foto 9 Verdroging heeft waarschijnlijk bijgedragen aan de achteruitgang van de Wrattenbijter in Nederland. Onder droge omstandigheden kunnen de eitjes van deze sabelsprinkhaan zich niet ontwikkelen (Foto M. Nijssen).

Versnippering

Vermesting, verzuring en verdroging zijn ver-factoren die de abiotische kwaliteit van het heidelandschap aantasten en een hele reeks van abiotische en biotische veranderingen veroorzaken. Versnippering vermindert op een andere manier de kwaliteit van natuurgebieden. Versnippering veroorzaakt isolatie van (deel)gebieden waardoor de noodzakelijk migratie van organismen tussen die (deel)gebieden niet meer mogelijk is. Deze migratie heeft in eerste instantie betrekking op verplaatsing van individuen naar en van andere terreinen, nodig voor het opbouwen van nieuwe populaties of voor het vergroten van de genetische variatie van bestaande populaties. Versnippering is echter ook een probleem voor individuen die verschillende onderdelen van een landschap (verschillende biotopen) nodig hebben voor het voltooien van hun levenscyclus. Afhankelijk van de actieradius van verschillende soorten planten en dieren speelt versnippering op grote schaal (tussen verschillende natuurgebieden) tot kleine schaal (binnen een heidegebied). Hoewel versnippering niet direct tot de ver-factoren behoort die door OBN worden gedekt, heeft het herstelbeheer hier wel mee te maken. Door ontginning en bosaanplant zijn heiden sterk in oppervlakte achteruit gegaan en versnipperd geraakt. In de overgebleven stukken zijn veel populaties in de Nederlandse heidegebieden geïsoleerd geraakt. Uitwisseling van soorten is niet meer mogelijk omdat de heiderestanten gescheiden worden door bijv. landbouwgronden en verstedelijkte gebieden. Geïsoleerde, kleine populaties lopen veel kans op uitsterven, als gevolg van incidentele rampen en stress en vanwege een geringe genetische variatie door inteelt (90). Het uitsterven van zulk een populatie kan betekenen dat deze soort voorgoed verdwenen is in dat gebied. Dit geldt vooral voor soorten die zich niet gemakkelijk verplaatsen (een slechte dispersiecapaciteit bezitten) en voor planten waarvan de zaden slechts korte tijd kiemkrachtig zijn.

Heidegebieden kunnen (na herstelmaatregelen) uitstekende leefgebieden zijn voor de soorten die in het verleden als gevolg van ver-factoren uit deze gebieden verdwenen zijn, terwijl deze soorten toch niet terugkeren. Het is mogelijk dat de soorten deze gebieden niet meer op eigen kracht kunnen bereiken als gevolg van versnippering en isolatie. In deze gevallen kan men overwegen om tot herintroductie over te gaan. Een voorwaarde is in de eerste plaats te stellen: de soort moet vroeger in het gebied aanwezig zijn geweest en door menselijk toedoen verdwenen zijn. In Nederland zijn verscheidene herintroductiepogingen ondernomen voor zowel plant- als diersoorten, met wisselend succes. In heidegebieden zijn experimenten uitgevoerd met Valkruid, Klokjesgentiaan en Blauwe knoop (90). Het bleek dat herintroductie van deze planten het beste kan worden bewerkstelligd door het bronmateriaal te verzamelen van meerdere individuen uit

meerdere, grote populaties. Het risico op inteelt van de hernieuwde populatie wordt op deze manier zo klein mogelijk gehouden. (De afstand tussen de plek van het bronmateriaal en de plaats van herintroductie had bij deze experimenten geen invloed op de kans van slagen. In het hieronder beschreven voorbeeld wordt geringe geografische afstand wél als belangrijke voorwaarde voor het slagen gezien.) Van de groep van insecten zijn met name vlinders veelvuldig geherintroduceerd. Het slagen dan wel falen van de herintroductie is daarbij veelal ook mede onderzocht. Mislukken van herintroductie blijkt volgens deze onderzoeken vooral afhankelijk te zijn van 1) een verkeerde inschatting van de locatie als geschikt habitat; 2) een verkeerde timing van uitzetting en/of minder geschikt levensstadium dat uitgezet wordt; 3) geografische verschillen tussen de oorsprong van de donorpulatie en de locatie van herintroductie, met het gevolg dat de donorpulatie niet is aangepast aan de omstandigheden van de herintroductielocatie en 4) geen rekening houden met het migratiegedrag van de soort (10). Samengevat is de slagingskans van herintroductie dus afhankelijk van de hoeveelheid kennis over zowel de ecologie van de soort als de plaats van herintroductie.

3.2.2 Nivellering van variatie binnen het heidelandschap

Nivellering als algemeen probleem

Vermesting, verzuring en verdroging leiden allemaal tot een nivellering van de variatie binnen het heidelandschap. Verschillen tussen voedselarme en -rijke plekken, (zwak) gebufferde en zure omstandigheden en droge en natte terreindelen worden kleiner. Daarnaast leiden deze ver-factoren tot een hogere totale biomassagroei van de vegetatie en daarmee tot dichtgroeiën van open zand en verruiging van lage vegetaties. Onder meer door lichtconcurrentie verdwijnen kleine plantensoorten en gaan één of enkele hoge plantensoorten domineren. Versnippering maakt dat natuurgebieden klein en scherp begrensd zijn, dat ze weinig ruimte bieden aan variatie en dat geleidelijke overgangen naar andere landschapstypen ontbreken. Al met al gaan als gevolg van de ver-factoren de ecotopen steeds meer op elkaar lijken en ook de (vaak geleidelijke) overgangen of gradiënten tussen die ecotopen verdwijnen. Dit noemen we 'vervlakking' of nivellering van de variatie in het landschap. In hoeverre deze nivellering een rol speelt voor planten en dieren, hangt af van de mate van aantasting en het ruimtegebruik van de dier- of plantensoorten.



Foto 10 Als gevolg van 'ver-factoren' treedt nivellering van de variatie in het heidelandschap op. Hierdoor verdwijnen specifieke ecotopen en gradiënten tussen deze ecotopen. Eentonige grasvlakten zoals hier afgebeeld, waren vroeger een gevarieerde, afwisselend droge en vochtige heide. (foto M. Nijssen)

In heidelandschappen is heel veel van de vroeger aanwezige variatie achteruit gegaan en zijn gradiënten (bijv. open-dicht, nat-droog, hoog-laag) op veel plaatsen verdwenen, waardoor het aantal niches is afgenomen (o.a. 47, 94). Alle planten- en diersoorten van het heidelandschap ondervinden problemen met nivellering van variatie in terrein. Terwijl veel deskundigen dit zien als de belangrijkste bottleneck voor karakteristieke soorten in alle ecotopen van het heidelandschap, is veldonderzoek naar het belang van terreinheterogeniteit voor flora of fauna schaars. Aanwezigheid van goed ontwikkelde gradiënten is niet alleen erg belangrijk binnen het heidelandschap, maar ook binnen de overgangen naar andere landschappen (bossen, schraallanden en agrarisch gebied). Met name dieren die op macro- of mesoschaal van het landschap gebruik maken (vogels, zoogdieren, vlinders) zijn afhankelijk van deze overgangen.

Met betrekking tot nivellering is voor de fauna vooral aantasting door vervlakking en verdwijnen van variatie in structuur en mozaïekpatronen cruciaal. Diverse studies wijzen uit dat voor de fauna de structuur van de vegetatie vaak belangrijker is dan de soortensamenstelling. Het door elkaar voorkomen van open zandige plekken, lage, hoge en open en dichte vegetaties is veelal essentieel om aan de voorwaarden van verschillende fasen in de levenscyclus te voldoen.

Dichtgroeien van open zandige plekken

Veel sprinkhanen, loopkevers, dagvlinders, bijen, wespen, reptielen en vogels van droge heide en stuifzand komen in de knel door de afname van het open zand. Het probleem is voor de meeste faunasoorten daarbij niet zozeer de afname van de oppervlakte actief stuifzand. Ze hebben vooral moeite met de afname van het aantal plekken in kleinschalige mozaïekpatronen, waarbij het open zand afwisselt met Buntgras- of Struikheidevegetaties. De faunasoorten hebben behoefte aan deze plekken vanwege uiteenlopende doelen: voor eiafzet, nestbouw, ontwikkeling van eieren en larven, thermoregulatie van juveniele en adulte dieren, om er te foerageren, zich in te graven, te baltsen, jagen, overwinteren, etc. Heideblauwtjes hebben bijv. voorkeur voor stukjes kale bodem tijdens de eiafzet. De vlinders komen aanvliegen op een open plekje, waarna ze naar de onderkant van de waardplant lopen om daar de eieren af te zetten. Ook hun waardmieren hebben open zand nodig, omdat ze daar hun nesten bouwen (24). De vangtrechters van de mierenleeuw *Myrmeleon formicarius* bevinden zich op onbeschutte kale bodem. Wel moet rondom de plek vegetatie (vaak mos) of een strooisellaag aanwezig zijn, om de trechters enerzijds te beschermen tegen overstuiven en ze anderzijds stevigheid te geven. Ze mogen niet instorten en het zand eromheen mag niet aan de wandel gaan (13).

Sommige vogels zoals de Griel hebben open zandige plekken nodig voor de nestbouw (42).



Foto 11 Onder deze oude heidestruik aan de rand van een stuifzandgebied bevinden zich de trechters van de larven van de Mierenleeuw. (Foto J. Vogels)

Nivellering van variatie in vegetatiestructuur

Variatie in de structuur van Struikheideplanten is belangrijk. Elk successiestadium van de heide herbergt een andere groep van ongewervelde dieren. Voor de variatie in het aantal vlinderrupsen is vooral de hoogte van de vegetatie bepalend. Hogere (en dus oudere) Struikheide biedt niet alleen meer ruimte en voedsel, maar gaat ook samen met een relatief grote strooisellaag onder de plant. Dat is een goede overwinteringsplaats voor poppen van bepaalde vlindersoorten. Ter illustratie: in een Struikheide van 55 centimeter hoog kwamen 50 keer zoveel larven van de nachtvlinder *Hydriomena furcata* voor dan in Struikheide van 35 centimeter (Haysom and Coulson 1998).

In wateren resulteert het verdwijnen van wortelende planten in het wegvallen van specifieke vegetatiestructuren. Hierdoor neemt het aantal verschillende mogelijkheden voor eileg, overwintering, predatie en herbivorie af. Tevens wordt het aantal schuilmogelijkheden minder. De verdwijning van bijvoorbeeld fonteinkruiden vormt waarschijnlijk een belangrijk probleem voor de Speerwaterjuffer. Deze waterplanten zijn van belang voor haar eiafzet. De larven van de Speerwaterjuffer leven tussen de stengels van bepaalde planten (Snavelzegge, fonteinkruiden, Veenpluis). Met de verdwijning van deze stengels verdwijnt ook de Speerwaterjuffer.

Nivellering van het microklimaat

Wanneer lage, open vegetaties worden vervangen door hoge, gesloten vegetaties verandert het microklimaat: droge biotopen met grote temperatuurverschillen tussen dag en nacht worden vervangen door biotopen met een constanter, koeler en vochtiger klimaat. Dit is onder andere gemeten in vegetaties waarin Schapegras gaat domineren ten koste van Buntgras (8). Vergrassing, vermossing, veralging alsook strooiselophoping en afname in microreliëf verminderen de hoeveelheid zoninstraling op de bodem en de mate van absorptie en uitstraling van warmte door de bodem. Daarnaast vindt er in dichte vegetatie veel minder verdamping plaats dan in open vegetaties. Nivellering van het microklimaat wordt gezien als één van de belangrijkste bottlenecks in het voorkomen van karakteristieke loopkevers, sprinkhanen en dagvlinders van droge heide en stuifzand.

Koudbloedige dieren die afhankelijk zijn van warme en droge omstandigheden kunnen in het bijzonder in de knel komen door nivellering van het microklimaat tijdens de ontwikkeling van eieren en larven. Van sprinkhanen worden de ontwikkelingssnelheid en de overleving van de eieren, de ontwikkeling van de nymfen (jonge dieren) en de eiproductie van de imago's (volwassen dieren) sterk beïnvloed door het microklimaat (48). Verruiging van de vegetatie verlaagt de temperatuur en dat verlengt de ontwikkelingstijd van de eieren. Soorten waarvan de eieren toch al vrij lange tijd nodig hebben om zich te ontwikkelen, krijgen bij zulk een temperatuurverlaging niet de kans om de levenscyclus te voltooien voordat de winter zich aandient (88, 53). Dit geldt ook onder andere voor jagende spinnen, wespen en loopkevers (25). Bij loopkevers bepaalt de temperatuur in het larvale stadium vooral de duur van deze ontwikkelingsfase. Daarnaast is de temperatuur tijdens de ontwikkelingsfase ook van invloed op de uiteindelijke lichaamsgrootte, en de daaraan gekoppelde vruchtbaarheid (83, 34). Willott (98) toonde aan, dat het opwarmings- en afkoelingsgedrag (de thermoregulatie) van volwassen sprinkhanen afhangt van fysiologische eigenschappen van de afzonderlijke soorten. Zo blijkt het Knopsrietje niet in staat zijn lichaamstemperatuur te verhogen bij een lage luchttemperatuur; de soort is dus afhankelijk van directe zoninstraling en gebonden aan zeer open vegetaties. Het Wekkertje kan daarentegen de lichaamstemperatuur niet verlagen bij hoge luchttemperaturen en is daardoor gebonden aan dichte vegetaties met een koel microklimaat. Volwassen individuen van de Europese Treksprinkhaan zoeken zeer warme microhabitats op om daar via een 'hittekuur' van schimmelinfecties te genezen (60). Andere sprinkhaansoorten gebruiken deze strategie waarschijnlijk eveneens.

Vermindering van het risico op predatie is ook bepalend voor het verplaatsingsgedrag van sprinkhanen van open naar beschutte plekken in de vegetatie (64). De rupsen van de Heivlinder hebben een hogere overlevingskans in de winter als het microklimaat extremen kent (sterke wisselingen in koud-warm en nat-droog). In eenvormige, hoge vegetatie is het microklimaat nat en koel en dan vindt vaak aantasting plaats door schimmels en ziekten (9).



Foto 12 Wanneer open, afwisselende vegetaties zoals op deze foto als gevolg van ver-factoren dichtgroeien, treedt een nivellering van het microklimaat op. Bovendien nemen belangrijke voedselplanten zoals Biggenkruid en Zandblauwtje in aantal af. (foto M. Nijssen)

Verdwijnen van voedselbronnen door novellering van de vegetatiesamenstelling

Het wegvallen van plantensoorten waarvan de bloeiperiodes elkaar opvolgen, zorgt voor onoverkomelijke gaten in het voedselaanbod. Gebrek aan nectar is met name een probleem wanneer het gedurende een langere periode aanwezig moet zijn, zoals voor hommels die in de loop van de zomer een kolonie opbouwen.

Soorten die bij vergrassing overheersen, zoals Bochtige Smele of Pijpenstrootje, zijn ongeschikt als voedselplant voor veel (gespecialiseerde) herbivoren, bijvoorbeeld voor de drie soorten karakteristieke dagvlinders van stuifzanden: Kleine heivlinder, Kommavlinder, Heivlinder (9). Buntgras, dat meer thuishoort in de heide, is wél een geschikte voedselplant. In droge heide gaat het verdwijnen van karakteristieke kruiden gepaard met een vermindering van de beschikbaarheid van nectar en stuifmeel. Bloembezoekende insecten als vlinders, bijen en zweefvliegen zien daarmee hun voedselaanbod slinken. De achteruitgang van het voedselaanbod heeft een sterker effect naarmate het meer gespecialiseerde insectensoorten betreft, zoals bijvoorbeeld de Zandblauwtjesbij die in Nederland al is uitgestorven. Voor sommige dagvlindersoorten zijn de kruiden die achteruitgaan ook voedselplanten voor de rupsen (zogenoemde 'waardplanten'). Het verdwijnen van de waardplanten vormt voor die vlinders vaak de belangrijkste bottleneck (9). Zo verdwijnt met het sterk achteruitgaande Hondsviooltje in binnenlandse heideterreinen de belangrijkste waardplant van de Grote Parelmoervlinder en Duinparelmoervlinder.

3.2.3 Veranderingen in het functioneren van het voedselweb in heiden

Veranderingen in het voedselweb door toename van voedingsstoffen

Meer plantengroei zorgt er in principe voor dat er meer voedsel beschikbaar komt voor planteneters of 'herbivoren'. Roofdieren of 'predatoren' (o.a. kevers, spinnen) profiteren op hun beurt weer van het hogere aanbod aan herbivoren (69). De toename van voedingsstoffen door de ver-factoren kan ver in de voedselketen doorspelen. Indien op soortsniveau wordt gekeken, is bij verdergaande eutrofiëring van een systeem over het algemeen een verschuiving waar te nemen van grote naar kleine insecten (68). Ongewervelde kleine soorten met een korte generatietijd zijn in staat snel op veranderingen in te spelen.; zij lijken globaal gezien het beste bestand tegen eutrofiëring (47). Als de grote insecten achteruit gaan, verslechtert de voedselsituatie voor grote vleeseters of 'carnivore' dieren. Vooral voor heidevogels als Korhoen, Grauwe Klauwier en Klapekster is een goed ontwikkelde ongewervelde fauna met een ruim aandeel aan grote insecten van zeer groot belang. Voor natte

heideterreinen en heidevennen geldt dit waarschijnlijk ook voor Paapje en Zwarte Stern (4, 6). Het gebrek aan voldoende grote insecten wordt momenteel gezien als de belangrijkste bottleneck in hun voortbestaan (96, 35).

De toename van beschikbare stikstof wordt ook gezien als een van de belangrijke redenen voor de recente uitbreiding van het uitheemse mos Grijs Kronkelsteeltje op arme, zure gronden. Dit mos kan op zulke gronden binnen een paar jaar een dikke mat vormen, waarschijnlijk doordat stikstofrijk regenwater wordt ingevangen. De onderste lagen van de mosmat sterven af en vormen een dikke organische laag. Karakteristieke hogere planten en korstmossen komen nauwelijks meer voor in door Grijs Kronkelsteeltje gedomineerde vegetaties. Dus ontbreekt het aan waard- en voedselplanten voor karakteristieke faunasoorten. Korstmossen vormen belangrijke voedselbronnen voor diverse soorten uit de nachtvlindergeslachten *Lithosia* en *Cryphia*. Heivlinders benutten vooral in de vroege ochtend donkere korstmosvegetaties om op te warmen. Dit is rond die tijd vaak het warmste substraat, zeker bij relatief lage luchttemperaturen. Na het opwarmen verplaatsen de mannetjes zich naar plekken met open zand. Eileggende vrouwtjes verblijven daarentegen nagenoeg de hele dag op de korstmosvegetaties voor zover die in de buurt liggen van geschikte ei-afzetplekken. Het korstmos biedt hun de beste camouflage. Die bescherming is ook nodig, omdat tijdens het opwarmen en rusten het risico op predatie het grootst is (Shreeve 1990).



Foto 13 Onder invloed van zure en vermestende depositie produceert Grijs kronkelsteeltje een dikke organische laag. Kraaien, fazanten en zelfs wilde zwijnen breken de dichte mosdeken van Grijs kronkelsteeltje open op zoek naar voedsel (foto F. Bink).

Plekken die gedomineerd worden door Grijs kronkelsteeltje zijn ongeschikt voor veel faunasoorten die hun nesten in de bodem graven, zoals veel bijen- en wespesoorten. Dit komt zowel door de fysieke weerstand van het mospakket, als door het koele en vochtige microklimaat dat onder de mosmat heerst. Voor veel soorten is zulk een microklimaat ongunstig. Op de matten van Grijs kronkelsteeltje werden wel relatief veel nachtactieve soorten loopkevers en spinnen aangetroffen in vergelijking met Buntgrasvegetaties die niet door Grijs Kronkelsteeltje worden gedomineerd (95). Sprinkhanen bleken daarentegen vrijwel afwezig (59). In de dikke organische laag kunnen hoge dichtheden voorkomen van insectenlarven die leven van dood plantaardig materiaal zoals larven van mosmuggen en langpootmuggen (95). Al met al treedt met toename van Grijs Kronkelsteeltje dus een verschuiving op van dagactieve en bovengrondse faunasoorten naar grotendeels nachtactieve en ondergrondse faunasoorten. Deze verandering kan een afname in beschikbare prooien betekenen voor vogels als Tapuit en Duinpieper op het oog jagen. Niet karakteristieke soorten als Zwarte

Kraai, Eksters, Fazanten en zelfs Wilde Zwijnen breken de mosvegetaties open op zoek naar voedsel.

Veranderingen in de afbraakprocessen van organisch materiaal

Een verhoogde depositie van stikstofhoudende stoffen leidt tot een afname van schimmels in de bodem, waardoor de decompositie van fragmentatiemateriaal wordt geremd. Er vindt dan een verschuiving plaats ten aanzien van de twee voornaamste 'afbraakroutes' (de bacterie-gedomineerde route en de schimmel-gedomineerde afbraakroute). Een dominantie van bacteriën ontstaat, met als gevolg een reductie in aantallen en van de diversiteit van bodemfauna (nematoden, springstaarten, mijten). Dit heeft gevolgen voor de abundantie en soortensamenstelling van hogere diergroepen.

Verzuring van de bodem gaat zover dat o.a. nematoden achteruit gaan doordat de tolerantiegrenzen worden overschreden. Dit komt neer op aantasting van voedselwebben in de bodem. Vervolgens verminderd de afbraak van organisch materiaal en er vindt een ophoping van strooisel plaats.

Effecten van verzuring en vermesting op de mineralenbalans

Op de hogere zandgronden is een verminderde beschikbaarheid van calcium en andere mineralen als gevolg van verzuring aan de orde. Recente onderzoeken tonen aan dat dit in het voedselweb doorwerkt. De omvang van de problemen die op deze wijze door verzuring ontstaan, is nog nauwelijks bekend, maar wordt waarschijnlijk onderschat. Door verzuring daalt o.a. het calciumgehalte in dood en levend plantenmateriaal, waardoor grazende dieren minder calcium binnenkrijgen dan voorheen. Dit kan directe effecten hebben op de dichtheden en de vitaliteit van faunasoorten met een grote calciumbehoefte, zoals pissebedden. Bij vrouwtjes van de pissebed *Porcellio scaber* bleek een sterke correlatie te bestaan tussen afwijkingen in groei en gedrag en verhoogde sterfte met verzurende effecten (100). Grotere predatoren zoals vogels krijgen op hun beurt problemen door de verminderde aanwezigheid van kalkrijke ongewervelden, zoals pissebedden en slakken.

Effecten van een laag calciumaanbod treden waarschijnlijk uitsluitend op bij de jongen en in de voortplantingsfase. De calciumbehoefte van jonge dieren in de groeifase is vele malen hoger dan die van volwassen dieren. Bij vogels hebben de vrouwtjes tijdens de voortplantingsfase per tijdseenheid minstens tienmaal zoveel calcium nodig als andere gewervelden. De effecten van calciumgebrek zijn niet goed gevormde eischalen, een verminderd uitkomstsucces van de eieren (bij vogels) en problemen in de skeletvorming bij jonge dieren (6, 39, 40, 80). Er zijn recentelijk sterke aanwijzingen gevonden dat niet alleen calcium, maar de gehele micronutriëntenkringloop van heidegebieden in sterke mate verstoord is als gevolg van verzuring en vermesting. Zulk een verstoring heeft waarschijnlijk vergaande gevolgen voor de samenstelling van de faunagemeenschappen van de heide. De Sperwer die aan de top van de voedselketen staat, kan hier als voorbeeld dienen. De Sperwerpopulatie op de arme zandgronden is in de afgelopen tien jaar achteruit gegaan, terwijl in gebieden met rijkere bodemcondities de populatiegrootte nagenoeg gelijk is gebleven.

Onderzoek naar niet uitgekomen sperwer-eieren toonde aan, dat de embryo's al in een vroeg stadium stierven. Dit bleek een gevolg van een gebrek aan vitamine B2, dat nodig is voor de assimilatie van vetten. Zowel Koolmezen als rupsen vertoonden een lager gehalte aan vitamine B2 op de arme zandgronden. Nader onderzoek en een vergelijking van het gehalte aan vitamine B2 van planten van arme zandgronden en planten van rijkere bodems vond plaats: er was geen verschil (81). Het probleem bleek te zitten in de opname en transport van vitamine B2, waarvoor een transport-eiwit verantwoordelijk is. Om toch voldoende eieren te kunnen produceren breken Sperwer-vrouwtjes hun borstspierweefsel af. In de periode 2000-2004 is de gemiddelde borstspierdikte van Sperwers op de arme zandgronden gehalveerd. Op de arme zandgronden is er dus waarschijnlijk sprake van een tekort aan aminozuren in de voedselketen, resulterend in een verlaagde opnamecapaciteit van vitamine B2. Dat veroorzaakt lagere reproductie-cijfers en bijgevolg lagere dichtheden van sperwers. Het is zeer goed mogelijk dat dit tekort aan aminozuren ook lager in de voedselketen optreedt, bij soorten zoals Koolmezen en herbivore insecten.

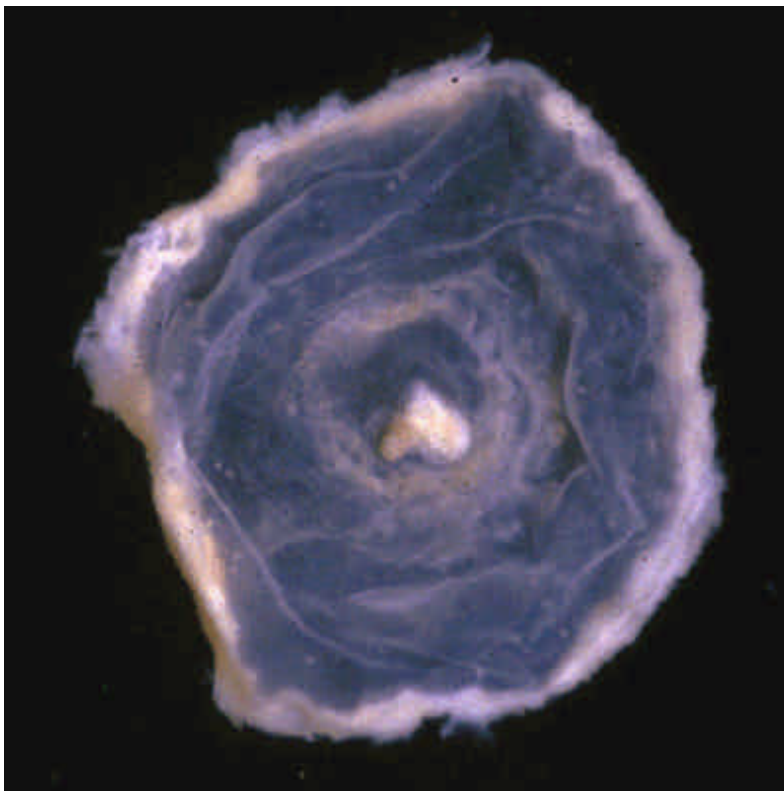
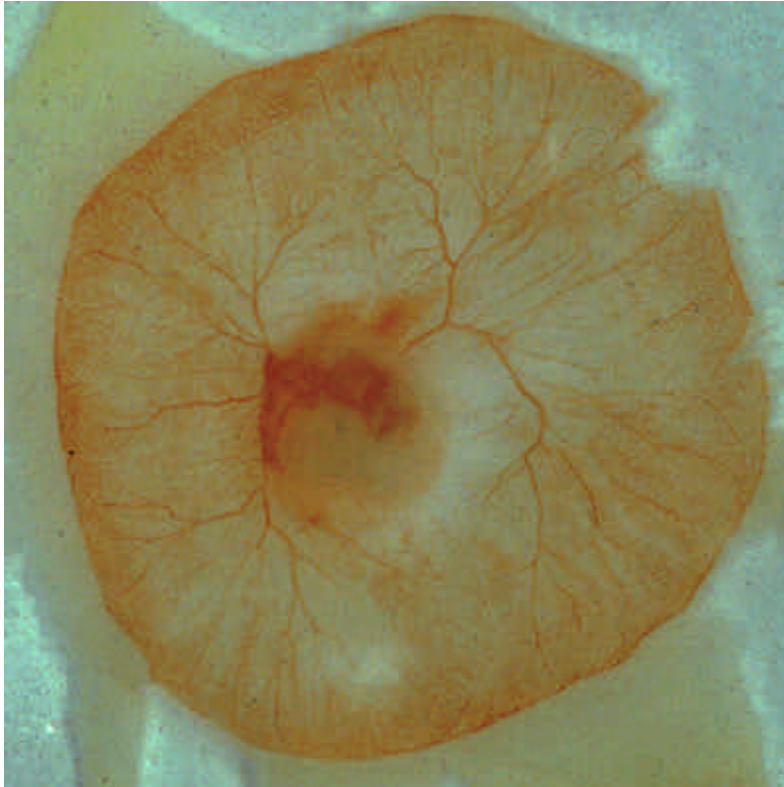


Foto 14 (a, b) Veel embryo's van sperwers op de arme zandgronden sterven in een vroeg stadium als gevolg van een gebrek aan vitamine B2. De bovenste afbeelding toont een gezonde embryo, de onderste een dode, gestorven als gevolg van een tekort aan vitamine B2. (foto A. v.d. Burg)

4 Richtlijnen voor beheer

4.1 Context en kenschets van de richtlijnen

In dit hoofdstuk worden concrete richtlijnen voor beheer gegeven, uitgewerkt per OBN-maatregel. Voor herstel van abiotiek en vegetatie zijn de positieve effecten van de maatregelen inmiddels grotendeels bewezen (33, 12) en ook op de lange termijn worden voor de vegetatie nauwelijks negatieve bijwerkingen geconstateerd (23). De meeste richtlijnen betreffen dan ook een verbetering in de uitvoering van deze maatregelen voor de fauna. Het betreft een aangepaste versie van de "Eerste versie van het Richtlijnenprogramma Uitvoering Herstelmaatregelen Fauna" (15). Voor ieder van de herstelmaatregelen wordt ingegaan op het doel van de maatregel en wordt een samenvatting gegeven van de inschatting van de effecten op de fauna. Uitgangspunt voor de formulering van de richtlijnen is het behalen van een optimaal resultaat voor de héle levensgemeenschap van heide, dus zowel voor flora als fauna. Momenteel is er nog steeds een grote achterstand in onderzoek naar de effecten van maatregelen op de heidefauna. Hierdoor kan slechts een deel van de genoemde richtlijnen onderbouwd worden door onderzoeksresultaten. De overige richtlijnen zijn gebaseerd op verwant onderzoek in andere landschappen of op ervaring en praktische kennis van faunadeskundigen en terreinbeheerders.

Aan fauna wordt hier aandacht besteed omdat de uitvoering van het beheer vaak gericht is op het herstellen van abiotiek en vegetatie. Faunadeskundigen hebben aangegeven dat veel karakteristieke diersoorten van de heide achteruitgaan als gevolg van een ongelukkig uitpakkende toepassing van beheer. Zij stelden bijvoorbeeld vast, dat het momenteel veel toegepaste begrazen en plaggen van de heide voor reptielen een grote bedreiging vormt. Het effect op de reptielen is zelfs groter dan de effecten van verzuring, verdroging en vermessing samen. Dat de gevolgen van het toegepaste heidebeheer zo groot kunnen zijn, komt ten eerste door de grootschaligheid, intensiteit en snelheid waarmee herstelmaatregelen vanaf ca. 1980 werden uitgevoerd. In de tweede plaats heeft hierbij ook de locatiekeuze en de timing van de uitvoering een rol gespeeld. Al deze verschillende aspecten van de maatregelen worden in dit hoofdstuk belicht.

Gezien de resultaten uit het faunaonderzoek, wat is samengevat in de vorige hoofdstukken, kan er een spanning bestaan tussen de in paragraaf 4.1.2 geschetste ideale situatie en de op dit moment vanuit OBN toegestane herstelmaatregelen. De hier beschreven richtlijnen zijn dan ook geen kant en klare 'recepten' voor succesvol herstel van heide. Ze geven aanknopingspunten en inzichten die nodig zijn om op een doelgerichte en verantwoorde manier herstelbeheer in heideterreinen uit te kunnen voeren. Deels moeten de richtlijnen dan ook worden gezien als het 'beperken van de schade' bij grootschalig herstelbeheer. Om tot herstel te komen van het gehele heidesysteem is momenteel te weinig kennis voorhanden. Aanvullend onderzoek is nodig, bijvoorbeeld om maatregelen te kunnen ontwikkelen voor het herstel van zwak gebufferde heidesysteem met grote soortenrijkdom. Mogelijk worden dan heel andere beheersmaatregelen voorgesteld. Tot die tijd blijft het vooraleerst overleven.

4.1.1 Obstakels en speerpunten

Bij het herstellen van de levensgemeenschappen van het heidelandschap doen zich twee belangrijke obstakels voor.

Deze zijn:

- Een gebrek aan kennis van de intacte referentiesituatie en daarmee aan mogelijkheden om deze situatie te herstellen.
- Een gebrek aan kennis over de manier waarop complete levensgemeenschappen hersteld kunnen worden.

Het ligt voor de hand om het beheer te stoeien op een historisch referentiebeeld van hoe de mensen de heide vroeger gebruikten. Dat is echter moeilijk want er zijn teveel randvoorwaarden veranderd. De oppervlakte van afzonderlijke heideterreinen is enorm afgenomen, waardoor er minder ruimte is voor geleidelijke overgangen of gradiënten in gebruiksintensiteit. Vroeger was er plaats voor een begrazingsgradiënt rondom schapenkralen: intensieve begrazing in de heide dicht bij de kraal, minder/weinig begrazing verder ervan vandaan en nauwelijks begrazing in de centrale delen van grote heideterreinen. Ook bij andere typen van heidegebruik zoals plaggen en branden bestond deze gradiënt in gebruiksintensiteit. Het resultaat van al deze gradiënten samen waren heidelandschappen met een rijke variatie in omgevingscondities. Ieder organisme had zijn plek ergens op deze gradiënten in gebruiksintensiteit in het heidelandschap.

Het zijn niet alleen de veranderingen in het gebruik van de ruimte die de mogelijkheden voor behoud en herstel van de heide beperken. De verhoogde atmosferische depositie van stikstof heeft geleid tot een groeiversnelling van de vegetatie en heeft daarnaast bijgedragen aan de verzuring van de bodem. Daardoor is de frequentie waarmee ingegrepen moet worden om de heide open te houden toegenomen.

Omdat de randvoorwaarden inmiddels zijn veranderd, kunnen we de heide niet meer in stand houden door eenzelfde beheer toe te passen als de wijze waarop de heide vroeger werd gebruikt. We richten het beheer in plaats daarvan op het in stand houden of scheppen van de levensvoorwaarden voor planten en dieren die als karakteristiek voor het heidelandschap worden beschouwd. Specifieke speerpunten voor het beheer vormen de opheffing van de belangrijkste problemen ('bottlenecks'), zoals die op het moment voor de verschillende karakteristieke planten en dieren aanwezig zijn. Deze bottlenecks worden vooral veroorzaakt door het verdwijnen van (zwak) gebufferde en grondwaterafhankelijke terreindelen en een afname van de variatie in bodem- en vegetatiestructuur.



Foto 15 Een soortenrijk heidelandschap kenmerkt zich door een hoge mate van afwisseling of 'terreinheterogeniteit'. (foto M. Nijssen)

4.1.2 Het streefbeeld: een soortenrijk, gevarieerd heidelandschap

Sleutelbegrip voor een soortenrijk heidelandschap is een grote ruimtelijke afwisseling in verschillende milieutypen, met andere woorden een hoge mate van terreinheterogeniteit (26). Op standplaatsniveau betekent dit: variatie in abiotische condities (droog/nat, zuur/gebufferd voedselarm/voedselrijk, reliëf) en variatie ten aanzien van de verschillende fasen van successie. Onder dit laatste wordt dan verstaan: een afwisseling van enerzijds open zandige delen en stuifzandbegroeiingen (behorende tot vegetatietypen van stuifzandsystemen) en anderzijds diverse stadia van heidebegroeiingen (pionier-, opbouw-, volwassen en afbraak- ('degeneratieve') stadia). Een dergelijke afwisseling in het heidelandschap gaat samen met variatie in openheid en hoogte van de vegetatie, in de dikte van strooisel- en organische laag, in de bloei-intensiteit van de heide, de voedingswaarde van jonge heideloten en in de grassen- en kruidenrijkdom van de heidevegetatie.

Essentieel is dat een heidegebied zich niet helemaal in het degeneratieve successiestadium bevindt, maar dat er plekken met kaal zand of weinig humusophoping aanwezig blijven of dat er factoren zijn die lokaal de successie tegengaan. Deze afwisseling draagt in hoge mate bij aan de variatie in microklimaat, die voor veel dieren van cruciaal belang is. Dergelijke plekken zijn juist de plekken waar veel bijzondere mossen en korstmossen zich in de loop der jaren vestigen.

Indien er bosopslag plaatsvindt, zijn deze plekken ook zeer rijk aan paddestoelen. Plaatselijk optredende bosopslag in de degeneratieve heidevegetaties draagt bij aan het verhogen van de variatie in het terrein, net zo als plaatselijk voorkomen van ruderaal, verruigde vegetaties en pleksgewijze dominantie van Bochtige Smele en Pijpenstrootje. Deze lokale dominanties van grassen zijn te beschouwen als tijdelijke fase in de verjonging van droge, respectievelijk natte heide. Op een grotere schaal is afwisseling van de heide met andere landschapselementen zoals bos, extensief beheerd grasland en akkers belangrijk. Dat geldt met name voor veel vogels, zoogdieren en bloembezoekende insecten.

Samengevat dragen de volgende elementen bij aan het kunnen voorkomen van een grote diversiteit aan planten- en diersoorten:

- Verschillende standplaatstypen die karakteristiek zijn voor het heidelandschap (droog/nat, zuur/gebufferd, voedselarm/-rijk).
- Grote leeftijds- en hoogteverschillen in de vegetatie, onder andere alle groeistadia van heidestruiken (pionier-, opbouw-, volwassen- en afbraakfase).
- Variatie van open en dicht begroeide plekken.
- Plekken met kaal zand in het horizontale, hellende (noord- en zuidhellingen) en verticale vlak (steilwandjes), vooral in droge heide. Het zand moet droog en humusarm zijn.
- Veel reliëf in de bodem op micro-, meso- en macroschaal.
- Grote diversiteit in de dikte van organische lagen.
- Een groot en divers bloemaanbod, eventueel in de vorm van schrale akkertjes als de oorspronkelijke kruidenrijke vegetaties verdwenen zijn.
- Plaatselijk oude gras- en mospollen.
- Verspreide opslag van struiken, bomen en boomgroepen, afgewisseld met terreindelen zonder opslag..
- 'Rommelhoekjes' met ruderaal, vaak bloemrijke vegetatie. Hier heeft vaak verrijking plaatsgevonden door bijvoorbeeld het verbranden van snoeiafval of het (tijdelijk) opslaan van plaggen.



Foto 16 (a, b, c) Plekken die zo op het oog kandidaten voor beheersingrepen zijn, kunnen zeer waardevolle leefgebieden zijn voor de fauna.

Boven: plaatselijke dominantie van Pijpestrootje en Bochtige smele; in dit gebied komen o.a. Adder en Gladde Slang nog voor. (foto F. Bink)

Onder: een verruigde, ruderaal vegetatie draagt bij aan verhoging van de heterogeniteit, biedt voedsel voor onder andere zweefvliegen, sprinkhanen en bijen en kan bovendien dienen als nestlocatie voor karakteristieke vogelsoorten.

(foto F. Willems)

Bovenaan pagina 37: bosopslag van berk, begroeiing van bramen en oude heide vormen samen het biotoop van de Zadelsprinkhaan op de Mulderskop. (foto J. Vogels)



Foto 17 (a, b) Deze oude 'schaapsloop' in het Nationaal Park Dwingelderveld (bovenste foto) heeft naast een cultureel historische waarde ook een belangrijke ecologische waarde. De steilranden (onderste foto) zitten vol met nestgangen van insecten. De grote gaten zijn oude nesten van oeverzwaluwen. (foto's M. Nijssen)



4.1.3 Tweestappenplan

Effectieve maatregelen tegen de effecten van ver-factoren in het heidelandschap zullen op de korte termijn vaak een negatief effect hebben op het voorkomen van veel karakteristieke soorten. Daarnaast treedt als onbedoeld neveneffect van deze maatregelen vaak een verarming op van de variatie van het locale systeem. Op lange termijn scheppen de maatregelen wel de mogelijkheid tot voortbestaan van veel karakteristieke soorten van het heidelandschap. Het is zaak om naast het effectief tegengaan van vermessing, verzuring en verdroging ook de negatieve bijwerkingen van de gevoerde maatregel tegen te gaan. Succesvol beheer in het kader van OBN kan daarom vaak gezien worden als een tweestappenplan: allereerst uitvoering van effectgerichte beheersmaatregelen (EGM) – bijvoorbeeld tegen vergrassing - gevolgd door maatregelen ter compensatie. De eerste vorm van beheer zal dan soms op relatief grote schaal dienen te worden uitgevoerd, terwijl de tweede vorm juist kleinschaligheid en variatie dient te herstellen en dit beheer zal dus kleinschalig en veelvormig van aard moeten zijn.

Het beheer moet dan ook veiligheidshalve in géén geval bestaan uit het op grote schaal toepassen van één enkel type maatregel (bijvoorbeeld alleen maar plaggen). Veel beter is het gebruik van verschillende typen effectgerichte maatregelen op verschillende plekken en verdeeld over meerdere jaren (op relatief grote schaal), gevolgd door compenserende maatregelen (op relatief kleine schaal). Ook kan door een uitgekiend ruimtelijk beheer de variatie op macroschaal weer op peil worden gebracht, bijvoorbeeld door de aanleg van wildakertjes, het laten ontwikkelen van struwelen, ruigten en bloemrijke graslanden en door een duurzame ecologische verbinding met andere heideterreinen en omliggende landschappen, zoals bossen, (schraal)graslanden en beekdalen. In kleine heideterreinen is het vaak niet mogelijk of weinig zinvol om een grote variatie in begroeiingstypen tot stand te brengen. Daar moeten dan keuzes gemaakt worden. Daarbij zijn af te wegen: de gebiedsspecifieke Ausgangssituatie (aanwezige dieren, vegetatie en abiotiek), de kansen om een bepaald doeltype te bereiken en de (vroegere en recente) beheerhistorie.

Overigens is vervolgbeheer niet alleen voor fauna noodzakelijk. Uit een onderzoek naar lange-termijn effecten van herstelmaatregelen op de vegetatie blijkt dat op sommige locaties regelmatig opnieuw bekalft moet worden. Daarnaast kan na succesvol plagbeheer Struikheide zodanig gaan domineren dat karakteristieke kruidachtige plantensoorten weer verdwijnen. Monitoren van de effecten en tijdig opnieuw ingrijpen is daarom nodig (23).

Verwacht wordt dat het merendeel van de karakteristieke plant- en diersoorten van heideterreinen baat heeft bij beheersmaatregelen die worden uitgevoerd volgens onderstaande richtlijnen. Ongewenste neveneffecten worden zoveel mogelijk vermeden. De richtlijnen zijn zo geformuleerd dat ze algemeen bruikbaar zijn: uiteraard moet de beheerder voor iedere locatie afzonderlijk bekijken hoe men in de praktijk de richtlijnen het beste uitwerkt naar schaal, intensiteit en combinaties van herstelmaatregelen.

4.2 Algemene richtlijnen

Uitgangssituatie

Leg altijd de vast vóór de uitvoering. Dit hoeft niet voor alle organismen gedaan te worden, maar zeker voor de meest indicatieve en/of zeldzame soorten. Leg niet alleen het voorkomen van Rode lijst soorten vast, neem ook soorten met een hoge indicatorwaarde voor het systeem mee in de vastlegging. Als handvat hiervoor is achterin dit boek een lijst opgenomen van karakteristieke heidesoorten. Alleen als bekend is welke van deze plant- en diersoorten op welke plaatsen aanwezig zijn, kan hiermee goed rekening worden gehouden bij de uitvoering van de maatregelen. De aanwezigheid van bepaalde zeer zeldzame of zeer kwetsbare soorten kan bovendien

aanvullend maatwerk nodig maken. Soms zal men omwille van zulk een soort van een bepaalde maatregel moeten afzien en naar alternatieven moeten zoeken. Bij plantensoorten kan het zeer nuttig zijn om ook de samenstelling en kiemkracht van de aanwezige zaadbank te laten onderzoeken. Hierdoor kan een veel betere selectie worden gemaakt van potentieel succesvolle locaties en kan voorkomen worden dat een zaadbank wordt aangeboord van ongewenste soorten, zoals Pitrus (23).

Als bij het vastleggen van de uitgangssituatie blijkt, dat er in het betreffende gebied alleen nog maar algemeen voorkomende soorten aanwezig zijn, kan er soepeler met de richtlijnen worden omgegaan ten aanzien van tijdstip, intensiteit en omvang. Dat is op zich al een goede reden om de uitgangssituatie altijd vast te leggen.



Foto 18 Zonder vrijwilligers is monitoring van karakteristieke heidesoorten vaak nauwelijks uitvoerbaar. Hier tellen op de Plateaux vrijwilligers alle Klokjesgentianen en eitjes van Gentiaanblauwtjes. (foto J. Vogels)

Uitvoering

Er zijn enkele algemene richtlijnen aan te geven die in acht genomen moeten worden bij het uitvoeren van herstelmaatregelen, ongeacht het type maatregel en in alle ecosystemen. Deze richtlijnen geven geen concrete grenzen aan, maar een richting waarin een beheerder over zijn terrein kan denken. Het is belangrijk dat de gedachtegang achter deze richtlijnen meer algemeen bekend wordt in de huidige beheerpraktijk: Dit levert veel extra's op voor flora én fauna.

- 'Compenseer' na grootschalig uitvoeren (recent of in het verleden) van een herstelmaatregel met kleinschalig vervolgbeheer. d.w.z. gebruik een kleinschalige combinatie van verschillende typen maatregelen voor compensatie.
- Voer niet alle maatregelen in één keer uit, maar faseer de maatregelen in tijd en ruimte.
- Voer de maatregelen niet te 'eenvormig' en 'netjes' uit; breng variatie aan op kleine schaal.
- Wees zuinig op hoogteverschillen in het terrein, ook al betreft dit slechts één of enkele decimeters.
- Streef met het te voeren beheer naar grote variatie in systeemkarakteristieke vegetatie(structuur) in het terrein.
- Zorg dat altijd enige vorm van dynamiek in het terrein aanwezig is, door het herstellen van natuurlijke processen (bijvoorbeeld verstuing), geregeld uitvoeren van kleinschalige beheersmaatregelen of eventueel door recreatie (denk aan ruit- en wandelpaden). Plaatselijke verstoring van de bodem kan sterk bijdrage aan een grote soortenrijkdom van planten en dieren, mits deze verstoring niet te langdurig, frequent en grootschalig is.



Foto 19 (a, b) Plaatselijke verstoring van de bodem kan sterk bijdrage aan een grote soortenrijkdom van planten en dieren.

Boven: Door het verbranden van plantaardig afval is een voedselrijkere situatie ontstaan, gekarakteriseerd door distelgroei. De distels kunnen dienen als nectarbron voor insecten.

Onder: Ook recreatie kan voor gewenste dynamiek zorgen), mits deze goed wordt gereguleerd. De betreding links op de foto is zo intensief dat dit voor geen enkele plant- of diersoort voordelig is. (foto's M. Nijssen)

4.2.1 Plaggen en chopperen

Doel en effecten

Doel van plaggen en chopperen is het afvoeren van voedingsstoffen om vermessing te bestrijden en pioniersituaties te herstellen. Plaggen is de meest rigoureuze vorm van verwijdering van voedingsstoffen. Met de vegetatie én humeuze toplaag verdwijnen vrijwel alle voedingsstoffen die zich in de loop der jaren in een systeem hebben verzameld. Bij plaggen wordt het gehele organische deel van het bodemprofiel tot op de minerale bodem verwijderd, en daarmee ook vrijwel al het plant- en dierenleven.

De grootste tekortkoming van plaggen is dat het niet bijdraagt aan het herstel van de buffercapaciteit van als gevolg van verzuring uitgeoogde bodem. Voor het herstel van een floristisch soortenrijke heide na het plaggen zijn aanvullende maatregelen nodig, zoals bekalcken. Dit geldt in het bijzonder voor droge heidemilieus (33).

Chopperen is iets minder rigoureuus. Daaronder is te verstaan: het verwijderen van zoveel mogelijk vegetatie en van een deel van het strooisel door het diep wegmaaien van de vegetatie. Men kan het omschrijven als een vorm van diep maaien of ondiep plaggen. Het kan als alternatief voor plaggen worden gebruikt op plaatsen waar de strooisellaag dunner is dan twee centimeter

De wijze en schaal waarop plaggen wordt uitgevoerd zijn bepalend voor de resultaten. Gunstig is plaatselijk een dun strooisellaagje te handhaven. Zo behoudt men een deel van de zaadbank van hogere planten en van de aanwezige bodemfauna, bijv. mijten en springstaarten. De soorten nemen vervolgens toe met het herstel van de vegetatie (77). Ook populaties van nitrificerende bacteriën kunnen zich na ondiep plaggen snel herstellen, waardoor ophoping van ammonium tot voor veel soorten planten giftige concentraties minder snel zal optreden. Plekken waar wel tot op de minerale bodem wordt geplagd, zijn echter weer van groot belang voor de ontwikkeling van een aantal zeldzame soorten korstmossen van heide (1).

Verstegen *et al.* (92) toonden in een vergelijkend veldonderzoek aan dat in de eerste jaren na uitvoering een positief verband bestaat tussen plaggen en de aanwezigheid van karakteristieke ongewervelden van pioniermilieu. Hoewel ondersteunend onderzoek zeer schaars is, lijkt grootschalig plaggen echter op lange termijn zelden te leiden tot de terugkeer van karakteristieke faunasoorten van oude heidestadia. Enerzijds bestaat de kans dat restpopulaties van karakteristieke soorten tijdens de uitvoering van de maatregel worden verwijderd, waarna herkolonisatie van minder mobiele soorten achterwege blijft. Anderzijds kan grootschalig machinaal plaggen resulteren in vernieling van het microreliëf van de bodem. In combinatie met een hoge stikstofdepositie leidt dit op den duur tot een heidevegetatie waarin struiken van grotendeels één leeftijd voorkomen en waarin kale bodem en graspollen vrijwel afwezig zijn. Deze vegetaties zijn floristisch en faunistisch zeer soortenarm. Een soort als de Adder kan zich bijvoorbeeld beter handhaven in sterk vergraste heides dan in geplagde, eenvormige Struikheivegetaties. Enerzijds omdat in vergraste vegetaties meer voedsel (m.n. muizen) aanwezig is. Anderzijds omdat er door variatie in microreliëf en het voorkomen van hoge dichte graspollen een afwisselend microklimaat heerst waardoor een betere vochtregulatie mogelijk is. Na chopperen van kraaiheidevegetaties bleken bodembewonende insecten die van een vochtig microklimaat houden vrijwel geheel verdwenen. Faunasoorten die bestand zijn tegen droge omstandigheden koloniseerden vervolgens als eerste de behandelde oppervlaktes (14). Veranderingen in microklimaat als gevolg van plaggen en chopperen hebben dus een grote invloed op de aanwezige faunasoorten.

Aan de meeste bezwaren van grootschalig plaggen kan tegemoet worden gekomen door met een ruime omlooptijd kleinschalig te plaggen, in stroken van maximaal 100 m², waarbij men zorgt dat het microreliëf van de bodem zo veel mogelijk behouden blijft. De plekken open zand die ontstaan, in een kleinschalig mozaïek met latere successiestadia, bieden veel karakteristieke diersoorten de mogelijkheid om bijvoorbeeld hun eieren af te zetten of naar voedsel te zoeken. Bovendien krijgen karakteristieke korstmossen en plantensoorten van voedselarme milieus betere kansen zich te vestigen.



Foto 20 Grootschalig machinaal plaggen leidt tot dichte, eenvormige en soortenarme monoculturen van struikheide. (foto: F. Bink)

Vooronderzoek

Voorafgaand aan plaggen en chopperen dient de uitgangssituatie te worden vastgelegd, zodat met bedreigde en karakteristieke plant- en diersoorten rekening kan worden gehouden. Om de effectiviteit van plagbeheer te vergroten, kunnen bovendien voor karakteristieke soorten geschikte terreindelen opgespoord worden, om deze gericht te kunnen sparen of juist de daaraan aangrenzende plekken als plaglocatie te selecteren. Vooral voor plantensoorten met een geringe zaadverspreiding is dit de enige mogelijkheid om de populatie te laten uitbreiden (23). Zie Bijlage I voor een lijst van karakteristieke soorten.

Maatregel heroverwegen of zoeken naar alternatieven indien:

- Een venige, vocht vasthoudende bodem aanwezig is boven het lokale grondwaterpeil (na verwijdering treedt dan ongewenste verdroging op).
- Het gaat om heidevegetaties met een ijle begroeiing van Pijpenstrootje of Bochtige Smele (bedekking lager dan 50%).
- Er overwinteringplaatsen van bijv. Adders aanwezig zijn, maar de locatie niet exact bekend is.
- Er relictpopulaties van bedreigde faunasoorten of plantensoorten met een kortlevende zaadbank in het te plaggen gebied aanwezig zijn.





Foto 21 (a, b, c) Drie voorbeelden van relatief kleinschalig plaggen in verschillende patronen.

Onderaan pagina 42: Over een afstand van een kilometer is hier de overgang tussen natte en droge heide machinaal geplagd. Ondanks de geringe breedte kunnen diersoorten die van deze overgangszone gebruik maken hierdoor verdwijnen. Beter is om smalle stroken haaks op de overgang te plaggen. (foto M. Nijssen)

Boven: Zogenoemd “visgraatplaggen” op de Strabrechtse heide. Op deze wijze kunnen aanzienlijke oppervlakken behandeld worden; terwijl geen onoverbrugbare barrières ontstaan en de kans op verdwijnen van relictpopulaties klein is. (foto J. Smits)

Onder: Kleinschalige plagstroken van verschillende leeftijd kunnen bijdragen aan het behoud van structuurrijke heidevegetatie. (foto M. Nijssen)

Maatregel zeer zorgvuldig uitvoeren en schaal en wijze van uitvoering aan specifieke terreineigenschappen indien:

- Er een humeuze bodem aanwezig is die gekenmerkt wordt door een gezond bodemleven (relatief snelle omzettingen, licht gebufferde omstandigheden en voorkomen van daarvoor kenmerkende planten als Klokjesgentiaan, Gevlekte Orchis).
- Het gaat om terreinen die worden gekenmerkt door een grote variatie op kleine schaal.
- Het gaat om terreindelen waar de heidevegetatie al wordt afgewisseld met open plekken, delen met veel microreliëf en op overgangen tussen droge en vochtige heide.
- Het gaat om terreinen of terreindelen die van nature grazig zijn (rijke heide met een inslag naar heischraal grasland) of om overgangen naar stuifzand, vochtige dopheide- en kraaiheidevegetaties of beginnend hoogveen.





Foto 22 (a, b, c) Drie verschillende technieken van plaggen die gebruikt worden.

Midden op pagina 44: Grote plagmachines zijn niet goed in staat om het bestaande reliëf te volgen. (foto F. Bink)

Onderaan pagina 44: Een kraan kan het bestaande reliëf wel goed volgen is hier wel toe in staat. (foto M. Nijssen)

Boven: Handmatig plaggen kan kleinschalige structuurvariatie in het terrein terug brengen. (foto J. Smits)

Uitvoering

- In grote terreinen: per jaar in totaal maximaal 4-5% van het vergraste deel bewerken, in een totale omlooptijd van 20-25 jaar. Zoek eerst plaatsen op die het meest kansrijk zijn voor herstel van karakteristiek vegetatie en faunapopulaties, bijvoorbeeld in de buurt van relictpopulaties.
- In kleine terreinen (kleiner dan 10 ha): per jaar in totaal maximaal 15% van het vergraste deel bewerken, maar beter is ook hier maximaal 4-5%. Daarna op het betreffende deel 20-25 jaar niets doen. Tussen het plaggen van de verschillende delen van het terrein, dient minstens 5 jaar te verstrijken.
- Kleinschalig plaggen in smalle stroken met een oppervlakte van 10-100 m², met telkens een tussenruimte van 5-10 m, bijvoorbeeld in 'visgraatpatroon'.
- 'Slordig' plaggen; het is goed als er wat strooisel achterblijft door bijvoorbeeld de plagmachine af en toe even "op te tillen".
- Plag pleksgewijs dieper tot op het minerale zand waarmee kleine open zandige plekken met steilrandjes van enkele centimeters in het terrein worden gecreëerd.
- Vooral voor plantensoorten met een geringe zaadverspreiding moet plagbeheer worden uitgevoerd in de nabijheid van nog bestaande populaties om zaadaanvoer te garanderen. Aangezien zuidwesten wind normaal gesproken overheerst kan het beste ten noordoosten van restpopulaties van karakteristieke planten worden geplagd (23).
- Geen plagstroken van opeenvolgende leeftijden direct naast elkaar leggen. Dus zoveel mogelijk variatie proberen aan te brengen in de leeftijdsstructuur van de te plaggen delen.
- Plaggen kan over het algemeen het best worden uitgevoerd met een graafmachine. Deze machines bieden de mogelijkheid om gevarieerder en nauwkeuriger te plaggen, vooral ook omdat ze zijdelings kunnen kantelen. De reguliere plagmachines die hier meestal voor worden gebruikt zijn niet in staat reliëfvolgend te werken en nemen alles mee wat ze tegenkomen.

- Handmatig plaggen kan een bijdrage leveren aan het verhogen van de variatie op kleine schaal.
- Eventueel een deel van het plagsel in hopen of wallen aan de rand van het terrein laten liggen. De rest afvoeren of naar andere delen van het terrein vervoeren, zoals roggeakkers.



Foto 23 Op de Strabrechtse heide wordt deze roggeakker opgehoogd met plaggen die uit de heide afkomstig zijn. De afvoer van het afgeplagde materiaal is vaak een probleem. Op deze manier binnen het gebied het plaggenmateriaal gebruiken bespaart kosten; daarnaast wordt ook nog meer landschappelijke variatie gecreëerd. (foto J. Smits)

Tijdstip van uitvoeren

- De directe gevolgen van plaggen voor de fauna ter plekke zijn altijd negatief en een echt gunstig tijdstip is dus niet te geven. Over het algemeen lijkt oktober de beste maand om te plaggen. De meeste faunasoorten hebben dan hun voortplantingsfase achter de rug en zijn nog niet in overwintering. Voor reptielen geldt het voorjaar (april-juli) echter als beste periode, aangezien in augustus-november nog jongen worden geboren en ze zich in de winter ondergronds bevinden.
- Bij voorkeur het plaggen uitvoeren bij droog weer, dan is er minder kans op bodemverdichting. Bijkomend voordeel is dat het af te voeren materiaal dan lichter is.

4.2.2 Maaien en afvoeren

Doel en effecten

Bij maaien gaat het om het afzetten, verwijderen en afvoeren van het bovengrondse deel van de vegetatie. In het beheer gebruikt men deze maatregel om het systeem te verschromen en daarmee de effecten van vermessing tegen te gaan. Maaien vertraagt de vorming van een dikke strooisellaag. Maaien heeft net als plaggen als nadeel dat er vrij homogene vlakken kunnen ontstaan met scherpe grenzen tussen gemaaide en niet gemaaide delen. Daarmee gaat de variatie in vegetatiestructuur en microklimaat achteruit. Maaien bevordert het vormen van een lage, dichte vegetatie zonder open plekken met kale bodem. Daarnaast wordt het microreliëf van de bodem genivelleerd door het gewicht van grote machines, vooral in natte vegetaties en kunnen mos- en korstmosvegetaties tijdens het maaien zwaar beschadigd worden. Bij het maaien en afvoeren wordt het grootste deel van de fauna van de standplaats afgehaald. Bij de inzet van maaien in de bestrijding van vermessing zal de frequentie van maaien groter moeten zijn dan bij plaggen. Bij het maaien worden immers minder voedingsstoffen afgevoerd. De hoge frequentie van ingrijpen versterkt de negatieve effecten van maaien.

Naast heidevegetaties worden ook heischrale graslanden door middel van maaien beheerd. Deze graslanden zijn vaak kruidenrijk en daarom zeer belangrijk voor bloembezoekende faunasoorten en voor diersoorten die voor hun voedsel gespecialiseerd zijn op specifieke kruiden. Voorbeelden van deze soorten zijn de Grote Parelmoervlinder en Duinparelmoervlinder. Voor beide soorten is Hondsviooltje in heideterreinen de belangrijkste waardplant voor de rupsen. Daarnaast hebben beide soorten als vlinder gedurende de gehele vliegtijd een grote nectarbehoefte en gebruiken zij overgangen van lage naar hoge vegetatie om zich te oriënteren in het veld. Zowel geschikte nectarplanten als Hondsviooltje zijn vooral in heischrale vegetaties te vinden. Echter, wanneer heischrale graslanden vóór eind augustus geheel worden gemaaid, verdwijnen zowel het nectaraanbod als de nodige structuurvariatie in de vegetatie. Tijdstip en schaal van maaibeheer kunnen dus ook in heischrale vegetaties in sterke mate de effecten op de aanwezige diersoorten bepalen (9, 94).

Verstegen *et al.* (92) constateerden dat maaibeheer (eenmalig maaien in het groeiseizoen) op zowel droge als natte heide een negatieve invloed, of geen invloed had op het voorkomen van karakteristieke ongewervelde heidesoorten. In delen van de droge heide kwamen drie jaar na eenmalig maaien minder soorten en lagere aantallen voor van loopkevers, kortschildkevers, lieveheersbeestjes en snuitkevers dan in niet gemaaide delen. Bij sprinkhanen blijven soortenaantal en dichtheid van individuen soms gelijk na maaien, in andere gevallen worden verschuivingen tussen soorten waargenomen. Deze verschillen zijn het gevolg van o.a. verschillen in maaitijdstip en de uitgangssituatie van de vegetatie. Als het maaien bijvoorbeeld resulteert in een korte vegetatie in het voorjaar, is dit gunstig voor soorten die hun eieren in of op de bodem afzetten. Indien ná de eilegperiode wordt gemaaid, ondervinden sprinkhanen die hun eieren in de vegetatie afzetten hier nadeel van, aangezien de eieren worden verwijderd (46). Gefaseerd maaien is een mogelijkheid om bepaalde nadelen van vlakdekkend maaien te omzeilen. Experimenten in graslanden lijken uit te wijzen dat veel diergroepen positief op gefaseerd maaien reageren, bijv. mieren, kortschildkevers, snuitkevers, spiegelkevers en hooiwagens (97).



Foto 24 Maaien van een door Pijpenstrootje gedomineerde droge heide.
(foto J. Smits)

Vooronderzoek

De uitgangssituatie dient te worden vastgelegd, zodat met bedreigde en karakteristieke soorten rekening kan worden gehouden. Goed is voorafgaan aan een maaibeurt de voor karakteristieke soorten geschikte terreindelen op te sporen zodat men ze bij het maaien kan sparen en eventueel andere aangrenzende delen uit kan kiezen als alternatieve maailocatie. Op te sporen zijn bijv. concentraties

Zandhagedissen, overwinteringsplekken van Adders, ei-afzetplekken van Gentiaanblauwtjes. Zie hiervoor ook Bijlage I.

Maatregel heroverwegen of zoeken naar alternatieven indien:

- Er oude heidevegetatie aanwezig is. Vanwege het slechte regeneratievermogen van Struikhei levert maaien van vegetaties die ouder zijn dan 10-15 jaar géén goed resultaat (3).
- Vochtige Dopheide- en Kraaiheidevegetaties dient men niet te maaien.
- Er voor het ter plaatse voorkomende bodemtype geen adequate maai- en afvoerapparatuur beschikbaar is. Hierbij valt met name te denken aan bodemverdichting door zware apparatuur. Brede banden kunnen een groot deel van de aanwezige dieren met zachte weefsels vernietigen.
- De productie van de vegetatie te gering is om doelmatig te kunnen maaien en hooien. Deze grens ligt ongeveer bij 2 ton/ha in hoogzomer.
- Er relictpopulaties van bedreigde/kwetsbare of hooggewaardeerde soorten voorkomen die geen maaibeheer verdragen.



Foto 25 In vochtige terreinen gebruikt men vaak grote maaivoertuigen met een breed bandoppervlak ter voorkoming van bodemverdichting. Zulke voertuigen kunnen een groot deel van de aanwezige fauna vernietigen. Het gebruik van kleinere machines biedt een adequate oplossing. (foto H. Esselink)

Wijze van uitvoering

- Bepaalde terreindelen (bijv. randen) nooit maaien en de te maaien delen faseren in de tijd en ruimte. Bijvoorbeeld elk jaar ca 10% laten overstaan op verschillende gedeelten van het te maaien terrein. Dezelfde stukken net zo lang ongemaaid laten totdat er opslag van houtigen in gaat optreden.
- Berijding van terrein met machines zoveel mogelijk beperken.
- Van binnen naar buiten maaien zodat fauna aan de randen kan ontsnappen (gebruik bovendien de wildredder!)
- Maaibeheer niet alléén en bij herhaling toepassen; zet maaibeheer in als eenmalig alternatief voor andere maatregelen (bijv als eenmalig alternatief voor plaggen) en/of gebruik aanvullend kleinschalig beheer om meer variatie in vegetatie(structuur) en reliëf aanbrengen.
- Niet álle jonge bomen en niet ál het struweel dat in een terrein aanwezig is voorafgaand aan of tijdens het maaien verwijderen.
- Laat een deel van het maaisel enkele dagen liggen voor het wordt afgevoerd, of schudt het zodat de aanwezige fauna de mogelijkheid krijgt te ontsnappen. Plaatselijk hopen maaisel laten liggen in het terrein.

Tijdstip van maaien

- Met behulp van het programma 'Vlinderexpert' (70) is de keuze van het maaitijdstip voor dagvlinders voor een bepaald terrein nauwkeuriger te bepalen in afhankelijkheid van de aanwezige soorten (vastleggen in uitgangssituatie!) en terreinsituatie. Een richtlijn voor schrale vegetaties is: één maaitijdstip in de maand september is gunstig voor dagvlinders. Voor andere diergroepen geldt over het algemeen: bij voorkeur zo laat mogelijk maaien. Wanneer het maaibeheer gericht is op verdere vershraling kan juist gemaaid worden op het tijdstip dat het meest effectief voedingsstoffen uit het systeem verwijderd worden (meestal juni-juli). Dit zijn echter vaak ongunstige maanden voor veel faunasoorten en moet dan gefaseerd over meerdere jaren uitgevoerd worden. Wanneer zeldzame of karakteristieke soorten aanwezig zijn, dient dan wel goed bekend te zijn waar populaties (eitjes, larven, waardplanten) zich bevinden, zodat hiermee rekening gehouden kan worden in de ruimtelijke planning.



Foto 26 Jaarlijks gemaaide vegetatie wordt, hier op het Wapserveld, aanvullend handmatig geplagd. Dit gebeurt ter compensatie van de negatieve effecten van regulier maaibeheer, zoals vermindering van structuur, verdichting van de vegetatie en verdwijnen van pioniersituaties. (foto M. Nijssen)

4.2.3 Begrazing

Doel en effecten

In het natuurbeheer is het doel van begrazen: het terugdringen van grasvegetaties, het instandhouden of herstellen van heidevegetaties, het tegengaan van bosopslag en het laten ontstaan van horizontale en verticale structuur in de vegetatie. Er zijn drie typen te onderscheiden: jaarrondbegrazing binnen een raster, kort durende (seizoens)begrazing binnen een raster en kuddebegrazing gehoeud door een herder. In heideterreinen wordt meestal gebruik gemaakt van schapen en runderen. Soms worden ook paarden, pony's en geiten ingezet. Het kiezen van de 'juiste' begrazingsdichtheid is essentieel voor de resultaten die bereikt kunnen worden en is afhankelijk van de doelstellingen van beheer.

Bij het begrazingsbeheer kunnen twee hoofddoelen worden onderscheiden. Het eerste doel is vershraling met een snelle afvoer van nutriënten (herstelbeheer). Het tweede doel is het laten ontstaan van mozaïeklandschappen met een grote afwisseling in vegetatiestructuur (regulier beheer of vervolgbheer). In OBN-kader is vershraling meestal het hoofddoel van begrazing. Voor een effectieve afvoer van nutriënten door begrazing zijn zeer hoge veedichtheden nodig. Zelfs bij hoge

veedichtheid is de effectieve jaarlijkse afvoer van nutriënten echter zeer gering vergeleken met andere vormen van beheer. Hoge veedichtheden oefenen per definitie een negatieve invloed uit op veel fauna- en op sommige flora-elementen, o.a. door het verdwijnen van structuurvariatie, bemesting van plassen en rusten op open plekken. Vooral diersoorten die afhankelijk zijn van een goed ontwikkelde variatie in vegetatiestructuur worden erdoor benadeeld (89). Verstegen *et al.* (92) kwamen middels vergelijkend veldonderzoek tot de conclusie dat begrazing door schapen geen effectieve maatregel lijkt om karakteristieke heidesoorten te behouden. In intensief (100 graasdagen/ha/jr) begraasde heidegedeelten waren minder loopkevers, kortschildkevers (in droge heide) en hangmatspinnen (in natte heide) vertegenwoordigd dan in niet begraasde delen. Al bij dichtheden van één rund per 4-5 ha jaarrond is na één tot twee jaar waar te nemen dat gesloten vegetaties geheel worden opengeboken, dat bulten Pijpenstrootje veranderen in afgekloven polletjes, dat hoge oude Struikheideplanten uit elkaar getrapt raken en afbreken en dat bomen geheel worden opgeschoren. Alle dekking in de vorm van afhangende takken, dichte vegetaties en een dikke ongestoorde strooisellaag verdwijnt uit het terrein.



Foto 27 Schaapskooi in het Nationaal Park Dwingelderveld. (foto M. Nijssen)



Foto 28 Experimenten met uitrastering hebben duidelijk gemaakt dat intensieve begrazing als herstelmaatregel niet werkt. Het leidt tot het verdwijnen van vegetatiestructuur en microreliëf van de bodem. (foto F. Bink)

Bijvoorbeeld reptielen en levermossen ondervinden onvoldoende beschutting (koele plekjes) in begraasde gebieden, waardoor deze dieren en planten uitdrogen. In de Mariapeel bleken Levendbarende Hagedissen vrijwel uitsluitend aanwezig te zijn in een smalle strook structuurrijke heide juist buiten het raster van het begraasde deel (75). Dit 'vluchtstrookverschijnsel' is volgens deskundigen langs veel meer begraasde heideterreinen waargenomen.

Voor veel faunasoorten en korstmossen zijn de directe effecten van begrazing met hoge veedichtheden naar alle waarschijnlijkheid sterk negatief. Door de hoge betredingsintensiteit en het 2 tot 3 maal per jaar grotendeels weggrazen van de bovengrondse biomassa zullen veel van de faunasoorten achteruitgaan die in die periodes een ontwikkelingsstadium in de bodem of in/op plantenstengels doorlopen. Planten die begraasd worden zullen op geringere hoogte gaan vertakken. Daardoor wordt bij begrazing de vegetatie even boven het bodemoppervlak dichter, ook bij extensieve begrazing. Hierdoor dringt de zon niet door op de bodem, kan de bodem niet voldoende opwarmen voor de ontwikkeling van eieren en larven van thermofiele dieren en ontbreken geschikte plekken voor veel korstmossen. Als gevolg van de hoge betredingsdruk zal het microreliëf van de bodem verdwijnen. Daarnaast is het zeer de vraag in hoeverre verschraling daadwerkelijk effectief tot stand kan worden gebracht met deze vorm van herstelbeheer. Kiest men echter toch hiervoor, dan dient deze 'herstelbegrazing' te gebeuren in kleine uitgerasterde delen van het terrein die ná elkaar, en dus niet tegelijk, in begrazing worden genomen. Op deze manier blijven negatieve effecten beperkt. Een andere optie is, om de kudde te laten hoeden door een herder. De herder kan de graasdruk gericht sturen, waarbij kwetsbare delen van het gebied gespaard en andere delen juist sterker begraasd worden. Door de dieren iedere nacht op een vaste locatie te laten staan ("parkeerplaatsen") kan de hoeveelheid mest die in het gebied terecht komt beperkt blijven.

Een ander doel in het begrazingsbeheer is het door middel van 'natuurlijke begrazing' (lage dichtheden) laten ontstaan van mozaïeklandschappen, waarin bijvoorbeeld heide en bos op kleine schaal naast elkaar aanwezig zijn. Bij dit doel is de begrazingsdruk dusdanig laag, dat er ná de winter, in het vroege voorjaar, voldoende voedsel voor de grazers aanwezig is. In het verdere voorjaar en de zomer dient er een overvloed aan voedsel te zijn, zo groot dat het niet door de grazers kan worden opgegeten. Als aan deze voorwaarden wordt voldaan, zal natuurlijke begrazing zeer waarschijnlijk positief bijdragen aan de faunistische diversiteit in een systeem, zeker wanneer daarnaast kwetsbare plekken (tijdelijk) worden uitgerasterd en de begrazing gecombineerd wordt met andere maatregelen, zoals kleinschalig plaggen. Zo zijn er op verschillende locaties in vochtige heideterreinen zeer gunstige resultaten behaald m.b.t. Klokjesgentiaan en het Gentiaanblauwtje, waarbij wordt verwacht dat ook andere planten- en diersoorten van natte heide zullen profiteren (52).

Met 'natuurlijke' begrazing in lage dichtheden is op dit moment nog zeer weinig ervaring opgedaan op de droge gronden. Deze vorm van begrazing is in OBN-kader alleen te subsidiëren in combinatie met ander herstelbeheer (bijv. plaggen), en moet gezien worden als een vorm van het in het inleidende deel genoemde "compensatiebeheer". Wanneer natuurlijke begrazing wordt ingesteld moet een gebied in ieder geval aan de volgende voorwaarden voldoen: er moet bos of verspreid aanwezige boomgroepen in de begrazingseenheid zijn opgenomen zodat de grazers kunnen beschikken over plekken met schaduw. Om ziekten te voorkomen, moeten er naast natte ook droge terreindelen aanwezig zijn, en er moeten in ieder geval drinkplekken zijn. Alleen Edelherten hebben geen aparte drinkplekken nodig.

Een belangrijk punt bij begrazing is het gebruik van medicijnen. Ontwormingsmiddelen (met name Ivermectine) hebben er toe geleid dat grote mestkevers en andere faunasoorten die van mest leven zeer sterk achteruit zijn gegaan (50). Deze insectensoorten spelen normaal een grote rol in het voedselweb van het heidesysteem, zowel omdat ze functioneren als afvalverwerker maar ook als prooi voor insectenetende vogels en zoogdieren. In welke mate het gebruik van diergeneesmiddelen doorspeelt in het voedselweb, moet nog nader onderzocht worden. Vooralsnog wordt echter afgeraden om medicijnen in natuurterreinen te gebruiken.



Foto 29 Drukbegrazing lijkt een effectieve maatregel om (plaatselijk) de dominantie van grassen te doorbreken. Het effect op plaatselijke faunapopulaties is naar alle waarschijnlijkheid echter zeer negatief. (foto J. Smits)



Foto 30 Schaapskudde van Kempische heideschape gehoeed door een herder op de Strabrechtse heide. Een kundige herder kan een kudde gericht laten grazen, daar waar dat het meest gewenst is. (foto J. Smits)

Vooronderzoek

Vóór het starten van beide typen van begrazing dient de uitgangssituatie te worden vastgelegd zodat de ontwikkelingen van populaties van bedreigde en karakteristieke soorten goed gevolgd kunnen worden. Daarnaast kunnen plekken met kwetsbare relictpopulaties (tijdelijk) worden uitgerasterd.

Maatregel heroverwegen of zoeken naar alternatieven indien:

- Het gaat om terreinen met een kleine oppervlakte. Omdat de meeste grote grazers kuddedieren zijn, moeten minimaal (2-)3 dieren, maar bij voorkeur meer dieren op een terrein aanwezig kunnen zijn. Voor jaarrondbegrazing met paarden of runderen moet het terrein dus minimaal 60-100 ha groot zijn, voor zomerbegrazing minimaal 40 ha.

- Het terrein overwegend bestaat uit vegetaties van planten die door hoefdieren niet gegeten worden (b.v. kraaihei, in de meeste gevallen ook dophei).
- Er bijzondere plant- of diersoorten in het terrein voorkomen waarvoor het effect van begrazing niet is in te schatten. Dit geldt vooral voor de intensieve begrazingstypen die specifiek gericht zijn op het tegengaan van vergrassing, bosopslag, etc.
- Het begrazing in natte heides betreft, zonder dat daar drogere gebiedsdelen aan vast gekoppeld zijn.

Wijze van uitvoeren:

Algemeen

- Schapen (en historisch gezien ook runderen; zie 19) bij voorkeur laten hoeden door een deskundige herder en 's nachts buiten het natuurterrein laten overnachten. Hierdoor kan gericht worden gevarieerd in begrazingsintensiteit om onder- en overbegrazing van locaties te voorkomen en hopen de uitwerpselen zoveel mogelijk buiten het gebied op.
- Een terrein dat sterk gedomineerd wordt door heide niet begrazen met runderen of paarden, omdat de dieren hier niet voldoende variatie in voedsel kunnen vinden.
- Op de droge gronden zullen grazers het vaak niet makkelijk hebben om voldoende voedsel te verzamelen. Liggen er binnen een begrazingseenheid bijvoorbeeld ook nutriëntrijke voormalige landbouwpercelen, dan bestaat de kans dat deze intensief worden begraasd terwijl de omliggende gronden veel minder worden bezocht. Dit zal voortduren totdat deze percelen dermate verschaald zijn dat de primaire productie weer ongeveer gelijk is met de omgeving, maar dit kan tientallen jaren duren. Om dit te vermijden, kunnen deze percelen eerst worden geplagd voor ze in een begrazingseenheid worden opgenomen (tijdens het plaggen zoveel mogelijk microreliëf aanbrengen). In principe moet dan de volledige met fosfaat belaste bodemlaag worden verwijderd, deze kan tot enkele decimeters dik zijn. Eventueel kan plaatselijk minder diep geplagd of afgegraven worden zodat een afwisseling met enkele voedselrijkere plekjes blijft bestaan.
- Runderen kunnen de op de hei aanwezige vennen en schrale vegetaties bemesten, zeker wanneer ook voedselrijke voormalige landbouwpercelen in het terrein liggen. Zwakgebufferde wateren moeten daarom uitgerasterd worden. Indien meerdere wateren aanwezig zijn, wordt er één uitgekozen waarin de runderen kunnen waden. Dit ven wordt daardoor bemest, maar deze voedselrijke plas kan voor het terrein als geheel een meerwaarde hebben. Uiteraard dient voorafgaand aan de keuze een goede inventarisatie van de bestaande natuurwaarde van de verschillende plassen uitgevoerd te worden. In terreinen die groot genoeg zijn voor een begrazingseenheid met daarin zwakgebufferde wateren bij voorkeur paarden voor begrazing gebruiken. Paarden vormen latrines in terrestrische delen, waardoor de kans op eutrofiëring van wateren door bemesting kleiner is.
- Kwetsbare gedeelten (oude structuurrijke heide, open zand, steile zuidhellingen, zoomvegetaties, vrijstaande struiken, bomen, houtwallen, delen waar kwetsbare dieren of planten voorkomen) dienen uitgerasterd te worden.
- Geen medicijnen aan grazers toedienen (bijvoorbeeld Ivermectine) die er toe leiden dat bepaalde diergroepen juist daardoor in gebieden ontbreken. Er zijn medicijnen die dit neveneffect niet hebben. Ook in geval van ziekte terughoudend zijn met het gebruik van diermedicijnen, liever de zieke dieren uit het terrein halen.
- Alleen in uiterste gevallen bijvoeren.

'Natuurlijke' begrazing

- Altijd starten met een zeer lage begrazingsintensiteit in een deel van het terrein gedurende een deel van het jaar, en de intensiteit later eventueel opvoeren en uitbreiden.
- Aan te houden begrazingsintensiteit (aantal volgroeide (ca 450 Kg) dieren per 100 ha) in heideterreinen bij extensieve begrazing door paarden en runderen:

Jaarrondbegrazing	≤ 3 – (5)
Zomerbegrazing	≤ 8
Winterbegrazing	1 – (2)

- Begrazingsdruk continu blijven afstemmen op productie van het terrein (aantal grazers variëren): 1/3 tot 1/4 van de vegetatie moet tijdens de winter blijven staan, anders is de begrazing te intensief.
- In droge voedselarme terreinen lijkt winterbegrazing voorkeur te verdienen. Zelfs winterbegrazing moet extensief zijn, zodat delen waar zich gevoelige overwinterstadia van fauna bevinden, onbegaasd blijven.
- In kleine terreinen de kortere seizoensbegrazing toepassen. In grote (>100 ha) terreinen kan ook jaarrond begrazing toegepast worden.



Foto 31 Kwetsbare vegetatie zoals deze bloeiende Klokjesgentianen op de Plateaux, kan middels uitrastering gespaard worden bij integrale begrazing van het terrein. In dit gebied heeft uitrastering in combinatie met kleinschalig plagbeheer binnen enkele jaren geleid tot een sterke toename van Klokjesgentiaan en Gentiaanblauwtje. (foto M. Nijssen)



Foto 32 Runderen worden aangetrokken door open water en kunnen daardoor vennen bemesten. Vennen dienen daarom zoveel mogelijk uitgerasterd te worden. (foto H. van Kleef)

4.2.4 Baggeren en opschonen oevers

Doel en effecten

Bij uitstek bij het opschonen van vennen kan het herstel van de oorspronkelijke toestand strijdig zijn met het behoud van bijzondere diersoorten (85). Om de oorspronkelijke voedselarmoede te herstellen is het nodig om alle bronnen van vermessing weg te nemen, bijvoorbeeld de hele sliblaag in het ven of de hele bosrand langs het ven. Een dergelijke aanpak is echter soms funest voor een deel van de macrofauna. Uitgangspunt bij de extra richtlijnen voor fauna is daarom dat deze alleen uitgevoerd kunnen worden indien hiermee het algemene doel van het herstelproject niet in gevaar komt. Is dit wel het geval, dan is het vaak beter om geen herstelmaatregelen te nemen of het doel te heroverwegen.

Met baggeren wordt de sliblaag uit een oppervlaktewater verwijderd. Vaak wordt een water voorafgaand aan baggeren drooggelegd. Onder het opschonen van oevers wordt het baggeren of plaggen tussen de gemiddelde laagwaterlijn en de gemiddelde hoogwaterlijn verstaan. Bomen en struiken worden daarbij grotendeels verwijderd om de windwerking te vergroten en zo het minerale karakter van oevers te behouden. Daarnaast vermindert het verwijderen van bos en struiken eutrofiëring door bladafval. Indien véél bos wordt verwijderd, wordt daarmee ook nog de verdamping verlaagd. Doel van het baggeren en het opschonen van oevers is, een situatie te creëren waarbij het oorspronkelijke minerale substraat met een stabiele bodem- en waterkwaliteit weer geschikte kiemingsomstandigheden biedt voor water- en oeverplanten (16, 17).

Droogleggen en baggeren leiden tot het uitdrogen of verdwijnen van zowel eieren, larven als adulte dieren. Bij opschoning van geëutrofiëerde vennen en duinplassen in Brabant, Terschelling en Limburg werden uiteenlopende effecten op de fauna waargenomen. In volledig opgeschoonde wateren was vier jaar na de ingreep de diversiteit aan macrofauna afgenomen in vergelijking met de uitgangssituatie. In een gedeeltelijk opgeschoond ven was de diversiteit drie jaar na de ingreep juist toegenomen. In vennen die geruime tijd (10 jaar) na de ingreep werden bekeken, dus te tijd hadden gekregen om zich te herstellen na het uitvoeren van de maatregelen, werd een hogere diversiteit aangetroffen dan vóór de ingreep. Dit geldt zowel voor algemene faunasoorten (84) als voor karakteristieke soorten libellen en – op de oevers – sprinkhanen (71).

De kans op het uitroeien van lokale populaties van zeldzame soorten is bij volledig baggeren van het ven groot. Bij vier gebaggerde vennen werden vóór uitvoering van de maatregel een aantal karakteristieke soorten aangetroffen die ná de ingreep niet meer zijn teruggevonden. Soorten die de baggerwerkzaamheden wél wisten te overleven, waren voornamelijk goede zwemmers of zeer abundante soorten. In de eerste jaren na het baggeren waren de vennen voor een groot aantal soorten geen geschikte leefgebieden; ze voldeden niet aan hun specifieke habitateisen. Soorten die hun eitjes afzetten in de vegetatie, een carnivore levenswijze hebben of aquatische vegetatie als specifiek habitat benutten namen om deze reden door het baggeren sterk af of verdwenen (86).

Opschonen van oevers is voordelig voor dieren die karakteristiek zijn voor onbegroeide pioniermilieus, zoals bepaalde soorten loopkevers. Om te voorkomen dat dieren van latere successiestadia verdwijnen, is het belangrijk bij opschoonwerk altijd bepaalde delen van de oever ongemoeid te laten.

Het vrijmaken van oevers van zwakgebufferde wateren wordt nagenoeg altijd gecombineerd met het baggeren, in één behandeling uitgevoerd. De doelsoorten zijn veelal amfibische soorten (bijv. Oeverkruid); die zijn uiteraard voornamelijk in de oeverzone te vinden. Ook heeft het vaak geen zin om te baggeren, zonder tegelijk de oevers vrij te stellen, aangezien de oevers net zo als de plas zelf vaak veel eutroof strooisel of slib bevatten. Een deel van de richtlijnen t.a.v. baggeren gelden dus ook voor vrijstellen en andersom. Zie voor doel, effecten en richtlijnen bij het vrijstellen van oevers dus ook de richtlijnen voor het baggeren!

In de praktijk zal het lang niet altijd mogelijk zijn om de gehele oever te behandelen. De concrete terreingesteldheid laat dat vaak niet toe en men spaart dan vanzelf een

gedeelte. Het te sparen deel van de oeverbegroeiing moet echter zo groot zijn dat de aan deze habitat gebonden soorten er als populatie kunnen overleven. Als richtlijn wordt gesteld niet meer dan een kwart van de oeverlengte per keer te schonen, als dit niet tot eutrofiering van het ven leidt en het de windwerking op het ven niet belemmert. Hierbij kan het beste in smalle stroken worden geschoond (ongeveer één tot anderhalve kraanbak breed) die haaks op de oever staan. Hierdoor ondervinden faunasoorten die geregeld tussen natte en droge delen pendelen veel minder hinder van de maatregel. Eutrofiering vanuit de oever kan optreden als er slib of veel strooisel op de oever ligt of als de oevervegetatie veel strooisel produceert. Indien het waterpeil na de ingreep hoger kan komen dan ervoor, dienen de extra oeverdelen die dan onder water kunnen komen strooiselvrij te zijn. Een experiment bij het ven de Banen liet zien dat “droge” oevers die door peilverhoging onder gaan lopen veel fosfaat naleveren.



Foto 33 Wanneer een ven volledig drooggelegd en gebaggerd wordt, is de kans op uitsterven van populaties van zeldzame faunasoorten groot. (foto H. van Kleef)



Foto 34 Een gradiënt tussen gebufferd en zuur water. In de achtergrond is voornamelijk Riet te zien met geleidelijke overgangen naar zones met vooral Smalle lisdodde en Mattenbies. Vooraan groeit voornamelijk Veenpluis. In dit ven komt Plat blaasjeskruid en Gevlekte glanslibel voor. (foto H. van Kleef)

Schema relatie wateroppervlak en mogelijkheden tot ingrijpen

Wateroppervlakte	Uitvoering maatregel
1 are	in handkracht
3 are	in handkracht of met grijper vanaf oever
10 are	met dragline vanaf oever, uitsparingen mogelijk
32 are	met baggerboot of graafmachine
1 ha	met baggerboot of graafmachine
3 ha	met baggerboot en persleiding
10 ha	met baggerboot en persleiding

Schema wateroppervlak, oeverlengte en lengte te schonen oever

Oppervlakte water	Oeverlengte minimaal	Minimaal te sparen deel	Te schonen deel volgens ¼ regel
1 are	35m	20 m (57%)	9m
3 are	63m	20 m (32%)	16m
10 are	113m	20 m (18%)	28m
32 are	200m		50m
1 ha	350m		90m
3 ha	630m		160m
10 ha	1130m		300m

* N.B. Deze richtlijnen zijn gebaseerd op inschattingen; er wordt momenteel onderzoek verricht naar de effectiviteit hiervan. De richtlijnen zijn niet geldig indien hierdoor de kans op vermesting van het ven toeneemt (zie tekst hierboven).

Vooronderzoek

De uitgangssituatie voor vegetatie en fauna dient te worden vastgelegd, zodat met bedreigde en karakteristieke soorten rekening kan worden gehouden.

Maatregel heroverwegen of zoeken naar alternatieven indien:

- Er over het hele ven voedselarme verlandingsvegetaties voorkomen.
- Er soorten aanwezig zijn die afhankelijk zijn van een structuurrijke water- en oevervegetatie (systeemkarakteristieke soorten), zoals de Speerwaterjuffer of de Gevlekte witsnuitlibel.
- Er geen garantie is dat na het verwijderen van de sliblaag het bufferend vermogen behouden blijft. In niet droogvallende vennen zorgt namelijk de sliblaag zelf vaak voor enige buffering tegen atmosferische depositie. Wordt de sliblaag verwijderd, dan bestaat het risico dat een zuur heideven met een Knolrusvegetatie het resultaat is.

Beperkingen in de uitvoering

- Wanneer er in een ven gradiënten (bijv. in zuur→gebufferd; voedselarm → voedselrijk) aanwezig zijn (vaak als gevolg van inlaat van gebufferd water, zie daarom ook verderop bij maatregel inlaat gebufferd water): het ven dan niet integraal opschonen, maar zeer terughoudend, kleinschalig en gefaseerd de vegetatie afvoeren ter bestrijding van eutrofiëring. Dit soort systemen herbergen vaak zeer waardevolle en zeldzame levensgemeenschappen, met soorten als Gevlekte witsnuitlibel, Gevlekte glanslibel en Plat Blaasjeskruid. Dergelijke systemen zijn enigszins vergelijkbaar met de in Nederland volledig verdwenen natuurlijke randen van hoogvenen, waar deze gradiënten spontaan zijn ontstaan. Omdat het meestal om vennen met geïsoleerde uithoeken gaat, is het ook geen bezwaar dat in deze uithoeken wat lichte bronnen voor vermesting achterblijven.
- Lokale verlandingsvegetaties of drijftillen dienen zo veel mogelijk te worden gespaard. Zelfs vegetaties die wat planten betreft zeer eentonig en van geringe waarde zijn (bijv. dichte pijpenstrovevegetaties) kunnen zeer bijzondere diersoorten herbergen. Vegetaties van pitrus of Lisdodde wijzen echter vaak op een vermeste bodem; indien deze vermeste bodem niet kan worden verwijderd, dient venherstel te moeten worden heroverwogen.

- Wanneer in een terrein meerdere zwak gebufferde wateren aanwezig zijn die in principe voor de maatregel in aanmerking komen, maximaal in een kwart van de wateren tegelijk de maatregel uitvoeren.
- Tussen het uitvoeren van maatregelen in een klein aantal wateren die in de directe omgeving van elkaar liggen, dienen minstens enkele jaren te verstrijken. Houd hierbij een periode van minimaal 5-10 jaar aan, afhankelijk van het resultaat van de eerdere opschoning.
- Niet baggeren in zwakgebufferde wateren die in vispacht zijn.
- Indien Zonnebaars in het ven aanwezig is, geen werkzaamheden uitvoeren. De kans is groot dat na opschoning de populatie zonnebaarsen explosief groeit en de gehele levensgemeenschap van het ven in sterke mate verstoort (mond. med. H. van Kleef).



Foto 35 Het advies is: bij aanwezigheid van Zonnebaars een ven niet opschonen. Op de foto zijn de broedkuilen van deze vissoort te zien. De eitjes van Zonnebaarsen kunnen opschoningsmaatregelen goed overleven, zodat Zonnebaars na opschonen de kans krijgt te domineren. (foto H. van Kleef)



Foto 36 Met een graafmachine kan veel nauwkeuriger gewerkt worden en kan het aanwezige reliëf beter worden gevolgd dan met een baggerboot. (foto: H. van Kleef)

Wijze van uitvoeren bij baggeren en opschonen

- Indien de terreinomstandigheden het toelaten, verdient het de voorkeur om gefaseerd te baggeren. Het is bijvoorbeeld mogelijk om baaien en armen middels een tijdelijke zanddam van de rest van het ven te isoleren en het centrale gedeelte in één keer op te schonen; het oppervlak van deze afgesloten delen hoeft waarschijnlijk niet noodzakelijkerwijs erg groot te zijn. Dit voorkomt verspreiding van het slib vanuit het niet opgeschoonde deel tussen de werkzaamheden in, terwijl in dit deel bronpopulaties voor veel karakteristieke soorten behouden kunnen blijven. Géén damwanden plaatsen, hierdoor worden ondoorlatende lagen doorgestoken en kan een ven lek raken, met als gevolg het permanent droogvallen van het ven. Ook bij van nature droogvallende vennen is gefaseerde uitvoering aan te bevelen aangezien een aantal van de voor deze typen vennen karakteristieke soorten waarschijnlijk door in de sliblaag te schuilen de periode van droogte kunnen overleven.
- Gefaseerde uitvoering zodanig uitvoeren dat de bestaande variatie in oeverbegroeiing zoveel mogelijk wordt bewaard.
- 'Slordig' baggeren indien er droog gebaggerd wordt, d.w.z. bodem niet in zijn geheel mineraal opleveren, maar een 'hobbelig' bodemoppervlak tot stand brengen, zodat zich in enkele kuilen slibrestanten kunnen ophopen.
- Indien een ven niet gefaseerd wordt opgeschoond: Nat-baggeren heeft de voorkeur boven droog-baggeren. Bij van nature regelmatig droogvallende wateren is dit van minder belang. Kiest men toch voor droog-baggeren, dan mag het water pas enkele dagen voor de uitvoering worden drooggelegd. Van essentieel belang is dat het slib niet uit droogt; dat geeft een groot aantal diersoorten de mogelijkheid de werkzaamheden te overleven. Niet droogleggen in voorjaar/zomer. Wanneer een water van nature droogvalt, dan heeft uitvoering op dat moment de voorkeur. Ook bij droogleggen geldt dat op het diepste punt altijd water moet blijven staan.
- Baggeren bij voorkeur met een graafmachine die tot een redelijke diepte het ven in kan. Hiermee kan gedifferentieerder en reliëfvolgender gewerkt worden dan met een baggerboot.
- Wanneer restveen op de venbodem of in de waterlaag aanwezig is, dit niet verwijderen, tenzij dit veel fosfaat nalevert aan de waterlaag
- Bij uitvoering geen (schier-)eilandjes maken. Meeuwen en ganzen kunnen zich tijdelijk vestigen waardoor hernieuwde eutrofiëring kan plaatsvinden.
- Altijd een deel van het afgestorven plantenmateriaal laten liggen/staan (is onder andere belangrijk voor Bruine winterjuffer).
- Een deel van het slib en de vegetatie (10%) tijdelijk (in ieder geval tot na de eerste winter) in de nabijheid van het water opslaan, zodat organismen een kans krijgen naar het water terug te keren. Dit is vooral van belang als de sliblaag volledig is verwijderd.
- Na uitvoering van de maatregel geen vis uitzetten in het water.
- Indien bos rondom water wordt gekapt: eerst ook de strooisellaag verwijderen, anders treedt er afspoeling van nutriënten naar het water op.
- Bij zwakgebufferde wateren die tijdelijk met opgepompt grondwater gebufferd moeten worden, vooraf goed onderzoeken op welke diepte gebufferd water aanwezig is.

Tijdstip van uitvoeren

- Voor een aantal groepen (bijv. amfibieën) is baggeren in het najaar (september) de meest gunstige tijd. Voor macrofaunasoorten is september echter géén gunstige tijd om maatregelen uit te voeren, omdat dan veel soorten net eieren hebben gelegd en de adulten al dood zijn. Voor de watermacrofauna is het beter midden in de zomer maatregelen uit te voeren, omdat dan de meeste insecten vliegen. Maar dit is weer slecht voor amfibieën en vogels. Deze “tegenstrijdige belangen” tussen verschillende diergroepen benadrukken nog eens extra waarom gefaseerde uitvoering de voorkeur heeft. Rekening houdend met de meeste diergroepen is het advies in de vroege winter te baggeren.

Wijze van uitvoeren bij vrijstellen van oevers

- Nooit de hele oever ineens schonen maar slechts voor een vierde of minder. Vrijstellen van de oever uitvoeren in fasen: elke 5 jaar maximaal $\frac{1}{4}$ van de oever opschonen. In minimaal 20 jaar kan zo de hele oever worden vrijgesteld. Fasering is zéér belangrijk in grote, geïsoleerde vennen waarin waardevolle levensgemeenschappen voorkomen.. Verder is fasering in ruimte en tijd noodzakelijk voor vennen die nabij elkaar liggen. Bij kleine, weinig gedifferentieerde en/of weinig geïsoleerde vennetjes is fasering minder belangrijk, tenzij hier bijzondere soorten voorkomen.
- Houd bij opschoning ook rekening met de expositie van de oever: de noordelijke oevers zijn de zonbeschenen oevers en voor veel organismen is dat belangrijk. Hiervan maximaal de helft in één keer schonen.
- Aanwezigheid van bos langs een water kan in belangrijke mate mede bepalend zijn voor het bepalen welk deel van de oever vrij te stellen (windwerking). Het voorkomen van wilgenstruweel op de oever heeft een verrijkend effect op de fauna van het gehele heideterrein. Wilgensoorten zijn in het vroege voorjaar de enige voedselbron voor bloembezoekende faunasoorten zoals bijen en zweefvliegen (62).
- Indien er niet gefaseerd wordt opgeschoond: een deel van de vegetatie (10%) tijdelijk (in ieder geval tot na de eerste winter) in de nabijheid van het water opslaan, zodat organismen een kans krijgen naar het water terug te keren. Het te lang laten liggen van takken e.d. kan het ven echter weer sterk verrijken, doordat voedingsstoffen het ven zullen inspoeien.
- Bij kapwerkzaamheden t.b.v. het vrijstellen van oevers ook de gehele strooisellaag en A-horizont meenemen. Dit voorkomt inspoeling van nutriënten naar het ven.

4.2.5 Toevoegen van basische stoffen

Bekalking in terrestrische systeem (na plaggen)

In het heidelandschap omvat bekalking als beheermaatregel vooral het toevoegen van kalkrijk materiaal aan de minerale bodem, met als doel het zuurbufferend vermogen van de bodem te herstellen. Bekalking na plaggen voorkomt dat zich zoveel stikstof in de vorm van ammonium (NH_4) ophoopt, dat voor planten giftige concentraties ontstaan. Daarom kan in die situatie bekalking geschikte condities voor de kieming en vestiging van karakteristieke plantensoorten creëren (31). De effecten van bekalking op de fauna van minerale bodems zijn slecht onderzocht; de hierna genoemde onderzoeken zijn uitgevoerd op bekalkte, humeuze bodems, waar bekalking bovendien leidt tot een versnelling van de afbraak van organisch materiaal.

Bekalken van verzuurde terrestrische heidebiotopen kan leiden tot een afname van het aanbod aan terrestrische ongewervelde dieren (66). Dit kan weer leiden tot een afname van insectenetende zoogdieren. Zo bleken de aantallen Dwergspitsmuizen *Sorex minutus* in bekalkte gebiedsdelen met 30-55% af te nemen ten opzichte van onbekalkte controlelocaties. Van onderzoek in bossen is bekend, dat de fauna over het algemeen genomen niet negatief, en vaak positief reageert op bekalking. Positieve effecten van bekalking worden bijvoorbeeld waargenomen bij slakken en andere dieren die relatief veel kalk bevatten. Vervolgens leidden deze effecten tot een afname van eischaalproblemen bij Koolmezen (39). Voor andere groepen, zoals loopkevers en spinnen, zijn de effecten van bekalking echter negatief. Karakteristieke loopkeversoorten worden bijvoorbeeld verdrongen door zeer algemene soorten of door andere kevergroepen (57, 65). Ook bij de bodemfauna (springstaarten, nematoden, regenwormen) worden aanzienlijke verschuivingen binnen de groepen waargenomen na bekalking. Bekalking is met name gunstig voor pioniersoorten van de bodemfauna (20).

In terrestrische systemen van heideterreinen is bekalking als subsidiabele OBN maatregel alléén toegestaan na plaggen. Voor de vegetatie wordt als vuistregel een gift van 2000 kg/ha Dolokal (evt. in combinatie met mergel) gehanteerd (23). Indien bij monitoring blijkt dat na enkele jaren de zuurgraad weer zakt kan 5 jaar na uitvoering (en vervolgens eens in de 3 jaar) opnieuw bekalkt worden. In vochtige heischrale

graslanden met leem aan de oppervlakte kan het best met uit het gebied afkomstig leem worden gewekt (23).

Bekalking in aquatische systemen (na baggeren)

Directe bekalking van zeer zwak gebufferde oppervlaktewateren wordt afgeraden, aangezien deze wateren vaak gevoed worden door verzuurd lokaal kwel- of oppervlaktewater. In die situaties treedt meteen na de bekalking herverzuring op, zodat het effect binnen enkele jaren verdwijnt. Bovendien leidt bekalking van zeer zwak gebufferde oppervlaktewateren vaak tot een verschuiving van het carbonaatevenwicht waardoor de concentratie kooldioxide (CO_2) in het water toeneemt. Dan is er meer CO_2 beschikbaar voor planten en kan de limitatie door koolstof opgeheven worden. Vooral knolrus en veenmossorten profiteren hiervan (17; 32).

Tegenwoordig wordt bij verzuringsproblemen in vennen bekalking van het inzigggebied aangeraden. Hierdoor wordt het kwel- of grondwater dat het ven voedt gebufferd. Op deze manier wordt zowel herverzuring als de verhoging van de CO_2 -concentratie vermeden (17). In vennen is deze maatregel als OBN-maatregel alleen toegestaan na baggeren. Deze beperking is gesteld om eutrofiëringseffecten te voorkomen. Uitvoering dient bij voorkeur in het najaar te geschieden.

In aquatische systemen worden over het geheel genomen positieve effecten van bekalking gevonden, hoewel naar de effecten op watermacrofauna van vennen geen onderzoek is gedaan. Bellemakers & van Dam (7) toonden middels veldexperimenten aan, dat bekalken van verzuurde vennen leidde tot een afname van het beschimmelingspercentage van Heikikker-eieren van 95% naar 5%. Het neutraliseren van verzuurde wateren tot aan pH 7 middels het toevoegen van $\text{Ca}(\text{OH})_2$, bleek een goed middel om de levensvatbaarheid van de eieren en de groei van de larven van de Rugstreeppad geheel te herstellen, zonder het predatieniveau te beïnvloeden (29).

De hoeveelheid benodigde kalk ligt, afhankelijk van de mate van verzuring (zowel voor nabekalking van geplagde heide als bekalking van inzigggebied) tussen 2 en 5 ton per ha. Voor het licht omhoog brengen van de pH ten behoeve van amfibieën is een lichte bekalking van de waterlaag voldoende van 0.2 tot 0.5 ton per ha. Gedurende de laatste jaren treedt echter in de meeste vennen een spontane verhoging van de pH op, waardoor deze vorm van bekalking waarschijnlijk niet meer nodig is.



Foto 37 Bekalking van het lokale inzigggebied van een verzuurd heideven. De buffercapaciteit van het ven herstelt zich vervolgens heel geleidelijk, waardoor negatieve bij-effecten als het wegvallen van CO_2 -limitatie en herverzuring worden vermeden. (foto E. Brouwer)

Inlaat van gebufferd water

Een andere maatregel tegen verzuring van vennen is het inlaten van gebufferd, voedselarm water (17). Deze maatregel kan ook gebruikt worden om gradiëntmilieus in natte heiden te herstellen. Veel vennen zijn in het verleden via een sloot gekoppeld aan een bron van gebufferd water. Vaak gebeurde dat om visteelt te bevorderen. Dergelijke vennen waren in het verleden zeer soortenrijk omdat zich in die situatie een gradiënt vormt tussen het aangevoerde gebufferde water en het zuurdere water uit het lokale inzigggebied. Andere voordelen van inlaat van gebufferd water liggen in het feit dat deze maatregel de abiotische factoren heel geleidelijk beïnvloedt. Hierdoor zijn schokeffecten van bijvoorbeeld snelle veranderingen in pH grotendeels te vermijden.

Inlaat van gebufferd oppervlaktewater is alleen aan te raden wanneer het inlaatwater arm aan voedingsstoffen is. Inlaat van grondwater kan een goede alternatieve methode zijn om verzuring in grote vennen te bestrijden. Deze maatregel dient niet eenmalig toegepast te worden, aangezien in dat geval binnen korte tijd herverzuring op zal treden. Jaarlijkse waterinlaat is nodig. De pH en de buffercapaciteit van het ven dienen ondertussen gemonitord te worden, om tot een goede afstemming te komen van de hoeveelheid in te laten water (zodat niet te veel maar ook niet te weinig buffering plaatsvindt). Na herhaaldelijk inlaten van gebufferd water is het bodemslib of sediment weer opgeladen met basische kationen en kan dan zelf weer functioneren als buffer tegen verzuring. Hierdoor hoeft na verloop van tijd minder bufferende stof toegevoegd te worden, en hoeft dus minder water ingelaten te worden. Meestal voldoet later ongeveer de helft van de hoeveelheid die bij het starten van de inlaatmaatregel nodig was. Jaarlijkse waterinlaat gebeurt bij voorkeur in de winterperiode (december-maart), tijdens de van nature hoge waterstanden. Soms wordt het waterpeil in het ven eerst verlaagd om de invloed van het in te laten gebufferd oppervlaktewater te verhogen. Dit kan beter niet gedaan worden in het voorjaar (met name februari en maart), aangezien dan eieren van Gewone pad en Heikikker droog kunnen komen liggen (schriftelijke mededeling J. Smits).

Eisen te stellen aan de kwaliteit van in te laten water (17)

Concentratie voedingsstoffen: $\text{PO}_4 < 0,5 \mu\text{M}$ en $\text{NH}_4 + \text{NO}_3 < 50 \mu\text{M}$
Buffering: $>0,5$ meq. per liter, liefst meer dan 2 meq. per liter.

4.2.6 Hydrologische maatregelen

Doel en effecten

Deze maatregelen worden toegepast om verdroging in een heidesysteem tegen te gaan en / of om de invloed van het gebiedseigen water te vergroten. Voorbeelden van deze hydrologische maatregelen zijn: afdammen of verondiepen van greppels en sloten en aanpassen van profielen. Ten behoeve van vennen neemt men specifieke maatregelen om de grondwaterinvloed te vergroten. Dat zijn: het verlagen van het venpeil (niet meer kunstmatig vasthouden van water) in combinatie met het tegengaan van verdamping (door het kappen van naaldbomen) en drainage van de omgeving. Het is uiteraard van groot belang dat de lokale en regionale waterhuishouding goed bekend is voordat er maatregelen worden uitgevoerd (zie bijv. 36).

De effecten van hydrologische maatregelen op de fauna zijn nauwelijks onderzocht. Rupsen van het Veenhooibeestje kunnen verdrinken bij het plotseling ophogen van de waterspiegel. Zelfs enkele dagen overspoeling is al fataal voor de larven (51). Ook is waargenomen dat langdurige overspoeling voor veel spinnen fataal is, in het bijzonder voor soorten die in het voorjaar geslachtsrijp zijn. Dit zijn vaak zeldzame soorten spinnen. Een verarmde spinnenfauna kan het gevolg zijn van herhaaldelijke, extreme fluctuaties van de waterstand of een met opzet constant hoog gehouden peil (28). Plaatselijk hebben vernattingsmaatregelen met verkeerde 'timing' (plotselinge peilopstuwung in de winter waardoor overwinteringsplekken onder water komen te staan) geleid tot het nagenoeg of geheel verdwijnen van slangenpopulaties.

Het plotseling opzetten van de waterstand is overigens ook nadelig voor veel water- en oevervegetaties en kan bovendien leiden tot interne eutrofiëring. Plantensoorten van vochtige omstandigheden zijn vaak bij verdroging in de loop der jaren opgeschoven naar de laagste, meest vochtige delen van het terrein. Deze delen komen bij vernatting uiteraard als eerste onder water te staan. Vandaar dat vernatting geleidelijk dient plaats te vinden, met een jaarlijkse peilverhoging van niet meer dan enkele centimeters. Daarnaast dienen vernattingsmaatregelen er niet toe te leiden dat de natuurlijke peilfluctuatie verstoord wordt. Het is normaal dat in de zomer meer uitdroging optreedt dan in de winter; men hoeft deze normale verdroging dus niet te compenseren door het sterker opstuwen van water. Wanneer aan deze voorwaarden wordt voldaan, zijn zeker positieve effecten van hydrologische maatregelen te verwachten voor verdrogingsgevoelige plant- en diersoorten.

Vooronderzoek

Eerst dient de uitgangssituatie te worden vastgelegd, zodat met relictpopulaties van bedreigde en karakteristieke soorten rekening kan worden gehouden. Het opsporen van voor karakteristieke soorten geschikte terreindelen om deze plekken gericht te kunnen sparen is ook een goede voorzorgsmaatregel.

Wijze van uitvoeren

- Bij de uitvoer van vernatting de waterstand in een gebied langzaam verhogen, zodat geen schokeffecten optreden. Uitvoeren in meerdere stappen met een min of meer 'natuurlijke' snelheid (bijv. in een tijdsbestek van 10 jaar maximaal 2-3 cm per jaar).
- Bij een geplande waterstandsverhoging in een gebied eerst de oeverzone (gedeeltelijk) schonen, daarna pas waterstand verhogen. Anders kan interne eutrofiëring optreden.
- Onder voedselrijke omstandigheden eerst verschralen (rijke toplaag van voormalige landbouwgrondverwijderen), pas daarna water opzetten. Anders kan interne eutrofiëring optreden. Geen water vasthouden in doorstroomvennen, dit leidt tot een verminderde grondwaterinvloed en dus eutrofiëring.
- Als er in de zomer water op het maaiveld staat, is dit voor veel planten en dieren desastreus. Voor sommige soorten is het niet gunstig als het maaiveld in de winterperiode onder water staat. Er dient dus gestreefd te worden naar een hoge mate van ruimtelijke variatie. Delen van het gebied mogen ook in de winter droog blijven, andere delen staan alléén in de winter onder water, weer andere delen staan zelfs 's zomers onder water. Om deze variatie te kunnen bewerkstelligen, is gedetailleerde kennis van de plaatselijke hydrologische situatie nodig en een weldoordacht en op maat gemaakt hydrologisch beheer.
- Indien bij vernattingsmaatregelen dammen worden aangelegd om bijvoorbeeld wegen en fietspaden droog te houden, kan het achterliggende gebied snel onder water komen te staan, bijvoorbeeld na stevige regenval. Afwateringsbuizen die onder de probleemzone doorlopen voorkomen dit probleem, zodat de natuurlijke afwatering van het terreindeel gehandhaafd blijft.

5 Literatuurreferenties

- (1) Aptroot, A. & K. van Herk (2005). Herstel van korstmossen op de heide. De Levende Natuur 106-5, pp.232-234.
- (2) Bakker, T., H. Everts, P. Jungerius, R. Ketner-Oostra, C. van Turnhout & H. Esselink (2003). Preadvies Stuifzanden. Rapport Expertisecentrum LNV 288-O. 114 pp..
- (3) Berdowski, J.J.M. & H. Siepel (1988). Vegetative regeneration of *Calluna vulgaris* at different ages and fertilizer levels. Biol. Cons. 46, 85-93.
- (4) Bastian A, H.V. Bastian, H.E. Sternberg (1994). Is the food supply a deciding factor for the territory choice of Whinchats *Saxicola rubetra*? Vogelwelt 115(3): 103-114.
- (5) Beintema, A. (1997). European Black Terns (*Chlidonias niger*) in trouble: Examples of dietary problems. Colonial Waterbirds 20 (3): 558-565.
- (6) Beintema, A., A. Baarspul & J.P. de Krijger (1997). Calcium deficiency in Black Terns *Chlidonias niger* nesting on acid bogs. Ibis 139: 396-397.
- (7) Bellemakers, M.J.S. & H. Van Dam (1992). Improvement of breeding success of the moor frog (*Rana arvalis*) by liming of acid moorland pools and the consequences of liming for water chemistry and diatoms. Environmental Pollution 78(1-3): 165-171.
- (8) Biermann, R., F.J.A. Daniels (1997). Changes in a lichen-rich dry sand grassland vegetation with special reference to lichen synusia and *Campylopus introflexus*. Phytocoenologia 27 (2): 257-273.
- (9) Bink, F.A. (1992). Ecologische Atlas van de Dagvlinders van Noordwest-Europa. Schuyt & Co, Haarlem, 511 pp..
- (10) Bink, F.A. (2000). Praktische benadering bij herintroductie van insecten. Entomologische Berichten 60-6, p. 96-106.
- (11) Bink FA, A.J. Beintema, H. Esselink, J. Graveland, H. Siepel & A.H.P. Stumpel (1998). Fauna-aspecten van effectgerichte maatregelen. Preadvies fauna. IBN-rapport 431, Wageningen, 191 pp..
- (12) Bobbink, R., E. Brouwer, J.G. ten Hopen & E. Dorland (2004). Herstelbeheer in het heidelandschap: effectiviteit, knelpunten en duurzaamheid. In: Van Duinen e.a. (eds.) Duurzaam natuurherstel voor behoud van biodiversiteit. 15 Jaar herstelmaatregelen in het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur.. pp. 33-70. Expertise Centrum –LNV, Ede.
- (13) Boer, P. (1999). Mierenleeuwarven (Neuroptera: Myrmeleontidae) in de kalkarme en kalkrijke Noord-Hollandse Duinen. Entomologische Berichten 59:45-52.
- (14) Boer, P. (2003). Het effect van chopperen in ene kraaiheidevegetatie op de bodemfauna: de eerste resultaten. Rapport PWN, Velsbroek. 16 pp.
- (15) Bosman W, C. van Turnhout & H. Esselink (1999). Effecten van herstelmaatregelen op diersoorten: "Eerste versie van Standaard Meetprotocol Fauna (SMPF) en

Richtlijnenprogramma Uitvoering Herstelmaatregelen Fauna (RUHF)". Rapport Stichting Bargerveen, Nijmegen, 81 pp..

- (16) Brouwer, E., R. Bobbink, J.G.M. Roelofs & G.M. Verheggen (1996). Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoring tweede fase. Afdeling Aquatische Ecologie en Milieubiologie, KUN, Nijmegen. 206 pp..
- (17) Brouwer, E., G.M. Verheggen & J.G.M. Roelofs (2000). Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoringsprogramma derde en laatste fase. Afdeling Aquatische Ecologie en Milieubiologie, KUN, Nijmegen. 82 pp..
- (18) Brunsting, A.M.H., G.W. Heil (1985). The role of nutrients in the interactions between a herbivorous beetle and some competing plant species in heathlands. *Oikos* 44(1): 23-26.
- (19) Burny, J. (1999). Bijdrage tot de historische ecologie van de Limburgse Kempen (1919-1950). Natuurhistorisch Genootschap, reeks XLII aflevering 1.
- (20) De Goede, R.G.M. & H.H. Dekker (1993). Effects of liming and fertilization on nematode communities in coniferous forest soils. *Pedobiologia* 37(4): 193-209.
- (21) De Graaf, M.C.C. (2000). Exploring the calcicole-calcifuge gradient in heathlands. Proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- (22) De Graaf, M.C.C., P.J.M. Verbeek, M.J.R. Cals & J.G.M. Roelofs (1994). Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van matig mineraalrijke heide en schraallanden. Eindrapport monitoringsprogramma eerste fase, Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie KUN, Nijmegen, 248 pp.
- (23) De Graaf, M., P. Verbeek, S. Robat, R. Bobbink, J. Roelofs, S. de Goeij & M. Scherpenisse (2004). Lange-termijn effecten van herstelbeheer in heide en heischrale graslanden. Rapport 2004/288-O, Expertisecentrum LNV, Ede. 219 pp.
- (24) De Jong, R (1995). Het Heideblauwtje. *Vlinders* 10: 10-15.
- (25) De Molenaar, J.G. & F.A. Bink (1994). Een visie op het functioneren van de heide als systeem, met nadruk op de droge heide. In: Een nieuwe kijk op hei: verslag van de heideworkshop gehouden op 25 mei 1993 te Wageningen. Beije HM, Moen P, Wijkhoven ALJ (Eds.) IBN-rapport 073, p. 41-56.
- (26) De Molenaar, J.G. (1995). Functioneren en beheren van heide. Basisrapport heide 4. IBN-DLO, Wageningen, 44 p.
- (27) De Smidt, J.T. & A.M.H. Brunsting (1990). Tegengaan van vergrassing bij heidekeverplaag. *Levende Natuur*, p. 60-62.
- (28) Decler, K. (1989). De effecten van waterpeil- en maaibeheer op de spinnenfauna van rietlanden. In: *Insectenfauna en natuurbeheer*. Ellis WN (Ed.), K.N.N.V., Utrecht, p 7-13.
- (29) Denton, J.S. & T.J.C. Beebee (1997). Effects of predator interactions, prey palatability and habitat structure on survival of natterjack toad *Bufo calamita* larvae in replicated semi-natural ponds. *Ecography* 20 (2): 166-174.
- (30) Diemont, W.H. (1996). Survival of Dutch heathlands. IBN Scientific Contributions 1, Wageningen, 78 pp..

- (31) Dorland, E. (2004). Ecological restoration of wet heaths and mattgrass swards. Bottlenecks and solutions. Proefschrift, Universiteit Utrecht, Utrecht.
- (32) Dorland, E., R. Bobbink, E. Brouwer, C.J.H., Peters, P.J.M. van der Ven, Ph. Vergeer, G.M. Verheggen, J.G.M. Roelofs (2000). Herintroductie en bekalking van het inzijggebied. Aanvulling bij effectgerichte maatregelen in het heischrale milieu. Universiteit Utrecht & Katholieke Universiteit Nijmegen, Utrecht/Nijmegen.
- (33) Dorland, E., R. Bobbink & E. Brouwer (2005). Herstelbeheer in de heide: een overzicht van maatregelen in het kader van OBN. *De Levende Natuur* 106-5, pp. 204-208.
- (34) Ernsting G & F.A. Huyer (1984). A laboratory study on temperature relations of egg production and development in two related species of carabid beetle. *Oecologia* 62: 361-367.
- (35) Esselink H, M.Geertsma & J. Kuper (1994). Red-backed Shrike: an indicator for integrity of ecosystems? *Journal fur Ornithologie* 135: 290-290.
- (36) Everts, F.H., G.J. Baaijens, A.P. Grootjans, N.P.J. de Vries & A. Verschoor (2005). Grootchalige landschappen en heidebeheer: Dwingelerveld. *De Levende Natuur* 106-5, pp.193-199.
- (37) Gimmingham, C.H. (1972). *Ecology of heathlands*. Chapman & Hall, London. 266 pp..
- (38) Gimmingham, C.H. (1994). Lowland heaths of West Europe: management & Conservation. *Phytocoenologia* 24:615-626.
- (39) Graveland, J. (1995). The quest for calcium. Calcium limitation in the reproduction of forest passerines in relation to snail abundance and soil acidification. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen
- (40) Graveland, J. (1996). The decline of an aquatic songbird: The Great Reed Warbler *Acrocephalus arundinaceus* in the Netherlands. *Limosa* 69 (3): 85-96.
- (41) Graveland, J. (1998) Effects of acid rain on birds populations. *Environ.Rev.* 6: 41-54.
- (42) Green, R.E. & G.H. Griffiths (1994). Use of preferred nesting habitat by stone curlews *Burhinus oediceus* in relation to vegetation structure. *Journal of Zoology (London)* 233(3): 457-471.
- (43) Haaland, S., G. de Blust, W.H. Diemont & J. Jansen (2004). Het paarse landschap, een gemeenschappelijk Europees erfgoed. KNNV, Natuurpunt, EU. 172 pp..
- (44) Havas, M. (1981). Physiological response of aquatic animals to low pH. In: Singer (ed.) *Effects of acidic precipitation on benthos*. Proc. Symp. Colgate University, Hamilton, NY, August 8 -9, 1980. North American Benthological Society, pp. 49-65. Havens KE (1992a) Acidification effects on the algal zooplankton interface. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49(12): 2507-2514.
- (45) Haysom, K.A. & J.C. Coulson (1998). The Lepidoptera fauna associated with *Calluna vulgaris*: effects of plant architecture on abundance and diversity. *Ecological Entomology* 23: 377-385.
- (46) Hochkirch, A. & H. Klugkist (1998). Die Heuschrecken des Landes Bremen - ihre Verbreitung, Habitate und ihr Schutz (Orthoptera: Satatoria). *Abhandlungen herausgegeben vom Naturwissenschaftlichen Verein zu Bremen* 44: 3-73.

- (47) Hornman, M. (1996). De effecten van verzuring en eutrofiëring door atmosferische stikstof- en zwavelverbindingen op terrestrische fauna. Scriptie no. 193, Aquatische Oecologie en Milieubiologie, KUN, Nijmegen, 29 pp..
- (48) Ingrish, S. (1986). The plurennial life cycles of the European tettigoniidae (Insecta: Orthoptera). 3. The effect of drought and the variable duration of the initial diapause. *Oecologia* 70: pp. 624-630. Springer-Verlag, Berlin.
- (49) Ingrisch, S. & G. Koehler (1998). Die Heuschrecken Mitteleuropas. Die Neue Brehm-Bucherei, Magdenburg. 466 pp.
- (50) Jagers op Akkerhuis, G.A.J.M. & H. Siepel (2001). Wormengif bedreigt mestfauna. *De Levende Natuur* 102 (6): 278-279.
- (51) Joy, J. & A.S. Pullin (1997). The effects of flooding on the survival and behaviour of overwintering large heath butterfly *Coenonympha tullia* larvae. *Biological Conservation* 82 (1): 61-66.
- (52) Ketelaar, R. & M. F. Wallis de Vries (2005). Gaan begrazing op de natte heide en het gentiaanblauwtje samen? *De Levende Natuur* 106-5, pp. 222-226.
- (53) Kleukers, R.M.J.C., E.J. van Nieuwkerken, B. Odé, L.P.M. Willemse & W.K.R.E. van Wingerden (1997). De sprinkhanen en krekels van Nederland (Orthoptera). KNNV, Utrecht, en EIS, Leiden, 416 pp..
- (54) Leuven, R.S.E.W., C. Den Hartog, M.M.C. Christiaans & W.H.C. Heijligers (1986). Effects of water acidification on the distribution pattern and the reproductive success of amphibians. *Experientia* 42: 495-503.
- (55) Leuven, R.S.E.W., S.E. Wendelaar Bonga, F.G.F. Oyen & W. Hagemeyer (1987). Effects of acid stress on the distribution and reproductive success of freshwater fish in Dutch soft waters. *Annales de la Societe Royale Zoologique de Belgique* 117: 231-242.
- (56) Lorenzon, P., J. Clobert, A. Oppliger & A.H. John (1999). Effect of water constraint on growth rate, activity and body temperature of yearling common lizard (*Lacerta vivipara*). *Oecologia* Berlin 118 (4): 423-430.
- (57) Muilwijk J (1993), Het effect van bekalking op loopkevers (Carabidae) in een perceel grove den en zomereik. *Entomologische Berichten* 53: 121-127.
- (58) Niewold, F.J.J. (1996). Das Birkhuhn in den Niederlanden und die Problematik des Wiederaufbaus der Population. *NNA-Berichte* 1: 11-20.
- (59) Nijssen, M., G.J. van Duinen, M. Geertsma, J. Jansen, J. Kuper & H. Esselink (2001). Gevolgen van verzuring, vermesting en verdroging en invloed van beheer op fauna en flora van duingebieden op Ameland en Terschelling. Rapport Stichting Bargerveen, Nijmegen, 175p.
- (60) Ouedraogo, R.M., M.S. Goettel & J. Brodeur (2004). Behavioral thermoregulation in the migratory locust: a therapy to overcome fungal infection. *Oecologia* 138: 312-319
- (61) Patience, R.L., P.R. Sterry & J.D. Thomas (1983). Changes in chemical composition of a decomposing aquatic macrophyte, *Lemna paucicostata*. *Journal of Chemical Ecology* 9: 889-911.
- (62) Peeters, T.M.J., M.E. Nijssen & H. Esselink (2001). Bijen in Nederlandse heidelandschappen. *De Levende Natuur* 102-4: 159-165.

- (63) Peterson, M.A. (1982). The effects of air pollution and acid rain on fish, wildlife and their habitats : introduction. Washington, D.C., U.S. Fish and Wildlife Service, 181 pp..
- (64) Pitt, W.C. (1999). Effects of multiple vertebrate predators on grasshopper habitat selection: trade-offs due to predation risk, foraging and thermoregulation. *Evolutionary Ecology* 13: 499-515
- (65) Rink., U. (1990). Structure and phenology of carabid communities (Coleoptera, Carabidae) in pine forest sites influenced by urban emissions in the Grunewald Forest of West Berlin (Germany). *Zoologische Beiträge* 33(2): 265-294.
- (66) Shore, R.F. & S. McKenzie (1993). The effects of catchment liming on shrews *Sorex* spp. *Biological Conservation* 64(2): 101-111.
- (67) Shreeve, T.G. (1990). Microhabitat use and hindwing phenotype in *Hipparchia semele* (Lepidoptera, Satyrinae): thermoregulation and background matching. *Ecological Entomology* 15: 201-213.
- (68) Siepel, H. (1990). The influence of management on food size in the menu of insectivorous animals. *Proceedings of Experimental & Applied Entomology* 1: 69-74.
- (69) Siepel, H., J. Meijer, J. Mabelis & M.H. de Boer (1989). A tool to assess the influence of management practices on grassland surface macrofaunas. *Journal for Applied Entomology* p. 271-290.
- (70) Siepel, H., F.A. Bink, D.C. van der Werf & F.I.M. Maaskamp (1996). VLINDEREXPERT, een expertsysteem voor vlindervriendelijk terreinbeheer. IBN-DLO, Wageningen.
- (71) Sierdsema, H. A. van Kleunen, J.H. Bouwman, F. Spikmans, B. Koese, J.T. Smit, H. van kleef & A.J.J. Lemaire (2003). Beleidsmonitoring OBN-Fauna 2002. Rapport VOFF, Nijmegen.
- (72) Spek, Th. (2004). Het Drentse esdorpen-landschap. Een historisch-geografische studie. Uitgeverij Matrijs, Utrecht.
- (73) Stoutjesdijk, P., (1959). Heaths and inland dunes of the Veluwe: a study on some of the relations existing between soil, vegetation and microclimate. Proefschrift, Universiteit Utrecht.
- (74) Strijbosch, H. (1986). Niche segregation in Sympatric *Lacerta agilis* and *L. vivipara*. *Studies Herpetology* 449-454.
- (75) Strijbosch, H., (2001). Het belang van het heidelandschap voor de herpetofauna. *De Levende Natuur* 102-4. 156-158.
- (76) Stuijzand, S., C. van Turnhout & H. Esselink (2004). Gevolgen van verzuring, vermessing en verdroging en invloed van herstelbeheer op heidefauna. Rapport EC-LNV nr 2004/152 O. 169 pag. + 9 Bijlagen
- (77) Timmermans, K.R. (1986). De invloed van beheersmaatregelen van de heide (*Calluna vulgaris*) op bodem-microarthropoden. Studentenverslag RIN, Arnhem.
- (78) Van de Bund, C.F. (1986). Diersoorten als toets voor natuurwaarde van heide. *De Levende Natuur* 87: 14-23.
- (79) Van den Ancker, J.A.M. & B. de Winder (1985). De rol van algen bij de stabiliteit van duinterreinen. *Duin* 8: 18-20.

- (80) Van den Burg, A.B. (2000). The causes of egg hatching failures in wild birds, studied in the Barn Owl *Tyto alba* and the Sparrowhawk *Accipiter nisus*. PhD thesis University of Nottingham, Nottingham.
- (81) Van den Burg, A.B. (in prep.). Nutrient investments and hatching failure of eggs of free living Sparrowhawks *Accipiter nisus*.
- (82) Van der Heide, J., F. Hovenkamp, W. Hovenkamp, H. Siepel & P. van de Wiel (1981). De heidekever, aanzet of oorzaak? Rapport nr. 76, RIN Arnhem.
- (83) Van Dijk, T.S. (1994). On the relationship between food, reproduction and survival of two carabid beetles: *Calathus melanocephalus* and *Pterostichus versicolor*. *Ecological Entomology* 19: 263-270.
- (84) Van Kleef, H.H. & R.P.W.H. Felix (1996). De macro-fauna-samenstelling voor en na uitvoering van effectgericht maatregelen. Rapport no. 415, Vakgroep Oecologie, KUN, Nijmegen, 46 pp..
- (85) Van Kleef, H., R.S.E.W. Leuven, H. Esselink & G. van der Velde (2001). Herstelbeheer in vennen: macrofauna in gevaar? *De Levende Natuur* 102 (4): 171-172.
- (86) Van Kleef, H., W.C.E.P. Verberk, R.S.E.W. Leuven, H. Esselink, G.van der Velde & G.A.van Duinen (submitted). Biological traits succesfully predict the effects of restoration management on macroinvertebrates in shallow softwater lakes. *Hydrobiologia*.
- (87) Van Turnhout, C.A.M., S.C. Stuijzand & H. Esselink (2001). Is het huidige herstelbeheer toereikend voor de heidefauna? *De Levende Natuur* 102 (4): 183-188.
- (88) Van Wingerden, W.K.R.E., J.C.M. Musters & F.I.M. Maaskamp (1991). The influence of temperature on the duration of egg development in West European grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Oecologia* 87: 417-423
- (89) Van Wingerden, W.K.R.E., F.A. Bink, D.A. Jonkers, F.J.J. Niewold & A.L.J. Wijnhoven (1997). Gedomesticeerde grote grazers in natuurterreinen en bossen: een bureaustudie." II. De effecten van begrazing". Rapport RIN, Ede.
- (90) Vergeer, Ph. (2005). Introduction of threatened species in a fragmented and deteriorated landscape. Proefschrift, Radboud Universiteit Nijmegen.
- (91) Verstegen, M.A.J.M. (1987). Fauna van Noordbrabantse Heideterreinen. Intern Rapport RIN.57 pp. + bijlagen.
- (92) Verstegen, M.A.J.M., H. Siepel, A.H.P. Stumpel, H.A.H. Wijnhoven (1992). Heide en heidefauna: indicaties voor het beheer. Rapport no. 92/26, IBN-DLO, Arnhem, 112 pp..
- (93) VOFF (1997). Jaarboek Natuur 1997. De winst- en verliesrekening van de Nederlandse natuur. KNNV Uitgeverij, Utrecht/Vereniging Onderzoek Flora en Fauna, Wageningen.
- (94) Vogels, J. (in prep). Implicaties van historisch heidegebruik op het voorkomen van heidekarakteristieke vlinder- en sprinkhanenfauna. Rapport Stichting Bargerveen/Afdeling Dierecologie, Radboud Universiteit Nijmegen.
- (95) Vogels, J., M. Nijssen, W. Verberk & H. Esselink (2005). Effects of moss-encroachment by *Campylopus introflexus* on soil-entomofauna of dry-dune grasslands (*Viola-corynephorum*). *Proc.Neth.Entomol.Soc.Meet.* 16: 71-80.
- (96) Wagner, T. (1994). Breeding season diet of the Great Grey Shrike *Lanius excubitor* in forested habitats of southern Westphalia, Germany. *Vogelwelt* 115 (4): 179-184.

- (97) Wallis de Vries, M.F., & J.C. Knotters (2000). Effecten van gefaseerd maaibeheer op de ongewervelde fauna van graslanden. *De Levende Natuur* 101: 37-41.
- (98) Willott, S.J. (1997). Thermoregulation in four species of British grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Functional Ecology* 11: 705-713
- (99) Witters, H., J.H.D. Vangenechten, S. van Puymbroeck & O.L.J. Vanderborght (1984). Interference of aluminium and pH on the Na-influx in an aquatic Insect *Corixa punctata* (Illig.). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 32: 575-579.
- (100) Zimmer, M. & W. Topp (1997). Does leaf litter quality influence population parameters of the common woodlouse, *Porcellio scaber* (Crustacea: Isopoda)? *Biology and Fertility of Soils* 24 (4): 435-441.