

Pre-advies Natte Bossen

Verdroging, verzuring en eutrofiëring van natte bossen in Nederland: effecten en maatregelen

Rapport



Pre-advies natte bossen

VERDROGING, VERZURING EN EUTROFIËRING VAN NATTE BOSSEN IN NEDERLAND: EFFECTEN EN HERSTELMAATREGELEN

**R.L.H. Poels
P. Schmidt
J. van den Burg
R.H. Kemmers
H.A. Verhoef**

Informatie- en KennisCentrum Natuurbeheer
Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
Wageningen, 2000

COLOFON

Pre-advies, opgesteld in opdracht van het Informatie- en KennisCentrum Natuurbeheer van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, inzake effectgerichte maatregelen tegen de gevolgen van verdroging, eutrofiëring en verzuring in natte bossen en de mogelijkheden van vernatting in multifunctionele bossen.

Dit rapport kunt u bestellen bij het IKC Natuurbeheer onder vermelding van code 'OBN-01'. Dit pre-advies is eerder uitgebracht als Hinkeloord Report No. 23, ISSN 0928-1797 door Sub-Department of Forestry, Agricultural University Wageningen.

Auteurs: R.L.H. Poels, P. Schmidt (Vakgroep Bosbouw, LUW)
J. van den Burg (IBN-DLO, Wageningen)
R.H. Kemmers (SC-DLO, Wageningen)
H.A. Verhoef (VU, Amsterdam)

Ontwerp omslag: Grafisch Atelier Wageningen, J. de Gruyter

Druk omslag: Van Eck & Oosterink, Kesteren

Reprografie binnenwerk: JB&A Grafische Communicatie, Delft

Productie: Informatie- en KennisCentrum Natuurbeheer
Bezoekadres: Marijkeweg 24, Wageningen
Postadres: Postbus 30, 6700 AA Wageningen
Telefoon: 0317 - 474 801
Fax: 0317 - 427 561

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	7
Abstract	9
Samenvatting	11
1. Inleiding	17
1.1. Aanleiding	17
1.2. Probleemstelling	18
1.3. Doelstelling	19
2. Ontstaansgeschiedenis van de Nederlandse broekbossen	21
3. De processen van verdroging, eutrofiëring en verzuring	25
3.1. Definities	25
3.2. Verdroging	27
3.3. Eutrofiëring	31
3.4. Verzuring	33
4. Indeling natte bossen	37
4.1. Inleiding en overzicht van de bestaande indelingen	37
4.2. Indeling van de bosgemeenschappen volgens Van der Werf (1991)	37
4.2.1. Bostypen of associaties	37
4.2.2. Groepering van associaties in verbonden en klassen en hun kenmerken	41
4.2.3. Korte beschrijving van de individuele associaties	43
4.3. Onderverdeling van de broekbossen volgens Clercx et al. (1994)	50
4.3.1. Associaties, subassociaties, romp- en derivaatgemeenschappen	50
4.3.2. De elzenbroekbossen	51
4.3.2.1. Gewoon Elzenbroek van de Pleistocene beekdalen	51
4.3.2.2. Moerasvaren-Elzenbroek van de Holocene laagveengebieden	52
4.3.2.3. Romp- en derivaatgemeenschappen van Gewoon- en Moerasvaren-Elzenbroek	52
4.3.3. De berkenbroekbossen	53
4.3.3.1. Carici curtae-Betuletum of laagveenberkenbroek	53
4.3.3.2. Erico-Betuletum of hoogveenberkenbroek	53
4.3.3.3. Romp- en derivaatgemeenschappen van laagveen- en hoogveenberkenbroek	54
4.4. Het gebruik van beide indelingen	55
5. Relatie bostypen en groeiplaats, in het bijzonder de factor hydrologie	57
5.1. Zonaliteit	57
5.2. Topografische sequenties	58
5.3. Relatie broekbossen en groeiplaatsen	60
6. Specifieke kenmerken van elzen- en berkenbroekbossen	65
6.1. De elzenbroekbossen	65
6.2. De berkenbroekbossen	66
7. Het fauna aspect: bodemorganismen onder vermesting, verzuring en verdroging (door H.A. Verhoef)	69
7.1. Vermesting	69
7.2. Verzuring	69
7.3. Verdroging	70
8. Beleidsaspecten	75
8.1. Beleidsvoornemen droogtebestrijding	75
8.2. Het vaststellen van mate van verdroging en de effecten van vernatting	76

8.3. Regeling gebiedsgerichte bestrijding verdroging (GEBEVE)	80
9. Selectiecriteria natte bossen voor aanleg van Referentieprojecten	83
10. Maatregelen	87
10.1. Inleiding	87
10.2. Soorten maatregelen; indeling van de maatregelen naar type	88
10.2.1. Maatregelen gericht op de afvoer van nutriënten en organische stof	88
10.2.2. Maatregelen gericht op toevoegingen van stoffen aan het systeem ter buffering of herstel van de mineralenbalans	89
10.2.3. Hydrologische maatregelen	89
10.2.4. Manipulatie van (bos)vegetaties/bosstructuur	89
10.2.5. Additionele maatregelen	89
10.3. Status van de maatregelen	89
11. Kennisleemtes en onderzoeksvragen	93
12. Vernatting in multi-functionele bossen (pre-advies vernatting)	95
(door J. van den Burg en R.L.H. Poels)	
12.1. Inleiding	95
12.2. Multifunctionele vochtige bossen, algemene aspecten	96
12.2.1. Karakterisering van het hydrologische regime: de grondwatertrap	96
12.2.2. Begrenzing van het studieobject: vochtige bossen	97
12.2.3. Probleemstelling	99
12.2.4. Ontstaansgeschiedenis van de nederlandse vochtige multifunctionele bossen	101
12.2.5. Indelingen van de vochtige, multifunctionele bossen naar de belangrijkste functies	102
12.3. Ecologische aspecten	104
12.3.1. Bomen, ondergroei en groeiplaats	105
12.3.2. Processen bij vernatting	106
12.3.3. Worteldiepte, grondwaterdaling, grondwaterstijging en overstroming	108
12.3.4. Gevolgen van grondwaterstandverlaging ("verdroging") en grondwaterstandverhoging ("vernatting" en "overstroming")	110
12.3.5. Relatie groei en windworpsico met grondwaterstanden	112
12.3.6. Hoe ver mag de grondwaterstand omhoog?	119
12.4. Maatregelen	120
12.5. Onderzoek: referentieprojecten en proeven	121
12.5.1. Overzicht van reeds uitgevoerd en lopend onderzoek	121
12.5.2. Referentie- en onderzoekprojecten	122
12.5.3. Onderzoeksvragen en monitoring	123
12.5.4. Selectiecriteria voor referentieprojecten	124
12.5.5. Onderzoek naar de invloed van een stijging van de grondwaterspiegel op de groei en ontwikkeling van verschillende boomsoorten.	125
12.6. Conclusies	125
13. Studieobjecten of Referentieprojecten	127
13.1 Inleiding	127
13.2. Uit te voeren monitoringswerkzaamheden in referentieprojecten	127
13.3. Analyse van onderzoeksresultaten	128
13.4. Voorgestelde studieobjecten of referentieprojecten	128
13.5. Referentieprojecten met het accent op Elzenbroek, in het Korenburgerveen ook Berkenbroek.	130
13.6. Referentieprojecten met het accent op natte, voedselrijke bossen op minerale bodems van het Elzen-Vogelkersverbond	131
14. Conclusies en aanbevelingen	133
14.1. Conclusies	133
14.2. Aanbevelingen	135

Literatuur	137
Bijlagen	147
1. Voorstel OBN-referentieproject Koelbroek	149
2. Beschrijving Voltherbroek/Agelerbroek	157
3. Beschrijving Korenburgerveen, Vragenderveen en Meddoscheveen	159
4. Beschrijving Naardermeer	163
5. Beschrijving Springendal	165
6. Karakterisering van de groeiplaats door middel van humusprofielonderzoek (door R.H. Kemmers)	167
7. A-locaties natte bossen	173
8. Voorstel referentieproject OBN "Geestmerambacht":	181

VOORWOORD

In dit rapport, dat is gemaakt in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, wordt een pre-advies gegeven voor herstelmaatregelen in natte bosccosystemen in het kader van het OBN, het Overlevingsplan Bos en Natuur (LNV, 1996). Doel is het ontwikkelen van een reeks van algemeen toepasbare maatregelen gericht op het herstel van de effecten van verzuring, vermessing (beide als gevolg van luchtverontreiniging) en verdroging, in natte bossen met hoofdfunctie natuur. Een tweede doel is het inventariseren van de mogelijkheden en gevolgen van vernatting van multifunctioneel bos.

Het Overlevingsplan Bos en Natuur is in het leven geroepen in het kader van het Nationaal Milieubeleidsplan 2 (NMP 2) om extra financiële middelen ter beschikking te stellen voor herstelmaatregelen in bossen en natuurterreinen voor de periode 1995-2010. Het OBN volgt hiermee de regeling Effectgerichte Maatregelen in natuurterreinen (EGM-natuur) op, waarmee de Directie Natuurbeheer van het Ministerie van LNV sinds 1989 beoogde de negatieve invloed van atmosferische depositie (verzuring en eutrofiëring/vermessing) op natuurwaarden in bos- en natuurterreinen en op de vitaliteit van bossen te verminderen door specifieke beheersmaatregelen te treffen. In het OBN wordt, wat maatregelen betreft, het EGM-programma uitgebreid met anti-verdrogingsmaatregelen. De werkingssfeer wordt verder uitgebreid met enkele ecosysteemttypen die tot nu toe niet onder de EGM-regeling vielen, zoals kleine landschapselementen, hoogvenen, kalkgraslanden, droge en natte heiden en bostypen met belangrijke natuurwaarden (helling-, bron- en broekbossen) (Oranjewoud, 1995). Door deze verruimingen in het OBN tov. EGM werd het mogelijk het onderzoek naar de maatregelen in natte bossen te starten met het maken van dit pre-advies.

Het Overlevingsplan Bos en Natuur wordt onder eindverantwoordelijkheid van de directeur Natuurbeheer aangestuurd door de Stuurgroep OBN en geleid door de Regiegroep OBN. Voor het beoordelen van subsidieaanvragen en overleg met terreinbeheerders zijn aparte commissies in het leven geroepen. Daarnaast is het onderzoek van belang. De Begeleidingscommissie Kennis onder voorzitterschap van het IKC-Natuurbeheer is verantwoordelijk voor de aansturing van het OBN-onderzoek en de monitoring van de effecten van maatregelen, alsmede voor de advisering van Regiegroep en Stuurgroep omtrent uit te voeren maatregelen in de praktijk (LNV, 1996). De Begeleidingscommissie Kennis wordt weer geadviseerd door zeven Deskundigenteams, voor ieder van de volgende groepen van ecosystemen:

- hoogvenen
- zwak gebufferde wateren
- natte schraalgraslanden en natte heide
- droge en vochtige schraalgraslanden, droge heide en kalkgraslanden
- heide en stuifzanden
- droge duinen
- bossen

Dit Pre-advies Natte Bossen is geschreven onder verantwoordelijkheid van het Deskundigenteam Bossen dat hiertoe zijn werkterrein heeft uitgebreid met de natte bossen. Het deskundigenteam Bossen bestaat uit Dr. ir. P. Schmidt, LUW Bosbouw (voorzitter) en de leden Drs. L.B. Berris, Verenigen van Natuurmonumenten in Nederland; Dr. A. Boxman, Vakgroep Oecologie, Katholieke Universiteit van Nijmegen; Drs. J.M. Brand, NBLF/MWR, 's Gravenhage; Dr. Ir. J. van den Burg, IBN-DLO; Dr. H.F. van Dobben, IBN-DLO; Ing. W.J. Holtland, Staatsbosbeheer; Drs. A.J.M. Jansen, KIWA; Drs. R.H. Kemmers, SC-DLO; Ir. J.M. Klap, SC-DLO; Dr. Th.W. Kuyper, Biologisch Station Wijster; Drs. S. van Opstal, IKC-NBLF; Ir. J. Riggers, LUW Bosbouw; Dr. A.H.F. Stortelder, IBN-DLO; Ir. G. van Tol, IKC-NBLF; Dr. H.A. Verhoef, VU Biologie; Dr. ir. W. de Vries, SC-DLO en Dr. ir. R.L.H. Poels, LUW Bosbouw (secretaris). Het schrijven van het pre-advies is de eerste fase in het onderzoek naar herstelmaatregelen in natte boscossysteemttypen. Het deskundigenteam droeg materiaal aan en gaf commentaar op conceptstukken. Ook de Begeleidingscommissie Kennis OBN heeft een positieve bijdrage geleverd aan dit pre-advies door commentaar en adviezen.

De opdracht tot het schrijven van dit rapport is gegeven door het IKC, het Informatie- en KennisCentrum van de directie Natuurbeheer van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, middels brief IKC951500 van 10-10-1995, relatienummer: 134.728, Verplichtingennummer

9750. Deze opdracht betrof het opstellen van een pre-advies natte bossen. Vervolgens is op 19-03-1996 een aanvullende opdracht gegeven door het IKC middels brief IKC96-1085 voor het opstellen van een pre-advies vernatting multifunctioneel bos. Het pre-advies vernatting vormt een hoofdstuk in dit boek: Hoofdstuk 11, Vernatting in multi-functionele bossen.

ABSTRACT

Verdroging, verzuring en eutrofiëring van natte bossen in Nederland: effecten en herstelmaatregelen

In het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur worden de natte bossen van Nederland met hoofdfunctie natuur geïnteriseerd en worden de bedreigingen als gevolg van verdroging, verzuring en eutrofiëring, waaraan ze onderhevig zijn, beschreven. Voorstellen worden gedaan om in een aantal onderzoeksprojecten (referentieprojecten) maatregelen ter bestrijding van de negatieve effecten van verdroging, verzuring en eutrofiëring te onderzoeken.

De natte bossen zijn te verdelen in broekbossen, ooibossen en natte varianten van droge bostypen. De broekbossen zijn onder te verdelen in elzen- en in berkenbroekbossen. De elzenbroekbossen zijn de belangrijkste natte bossen wat betreft oppervlakte en natuurwaarde en zij worden het sterkst bedreigd door grondwaterstandsval, vervanging basenrijk kwelwater door zuur regenwater in de wortelzone en door eutrofiëring en vervuiling met het oppervlakte- en het grondwater.

Zes onderzoeksprojecten worden voorgesteld waarin de uitgangstoestand van hydrologie, bodem en vegetatie wordt vastgelegd, waarna verbeteringsmaatregelen kunnen worden uitgevoerd waarvan de effecten gedurende een aantal jaren zullen worden gemeten. Een belangrijk doel van deze projecten is om maatregelen te testen en praktijkrijp te maken voor toepassing op grotere schaal.

In de onderzoeksprojecten komen behalve elzenbroekbossen ook berkenbroekbossen voor en verder andere natte bostypen waaronder vochtige elzen-essenbossen. Voor ooibossen worden in dit stadium geen onderzoeksprojecten voorgesteld, aangezien de ooibossen minder belangrijk zijn wat betreft oppervlakte en minder bedreigd worden dan de broekbossen.

Naast de natte bossen met hoofdfunctie natuur zijn er ook multifunctionele bossen die voorkomen op natte groeiplaatsen of op groeiplaatsen die vroeger nat waren maar door ontwatering of grondwaterstandsverlaging droger gemaakt of geworden zijn. De problemen die kunnen optreden bij vernatting van deze multifunctionele bossen worden besproken en voorstellen worden gedaan voor verder onderzoek.

Dit verdere onderzoek zal bestaan uit observationeel onderzoek in bestaande vernattingsprojecten, veldonderzoek op praktijkschaal en proefveldonderzoek waarbij grondwaterstanden nauwkeurig gemanipuleerd kunnen worden.

SAMENVATTING

Organisatie

Het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN) is ingesteld door de Directie Natuurbeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij om, in het kader van het Nationaal Milieubeleidsplan 2 (NMP 2), extra financiële middelen ter beschikking te stellen voor herstelmaatregelen in bossen en natuurterreinen voor de periode 1995-2010.

Bij de uitvoering van het OBN wordt het ministerie geadviseerd door zeven deskundigenteams die elk deskundig zijn voor een groep van ecosystemen. Deze groepen van ecosystemen zijn:

- hoogvenen
- zwak gebufferde wateren
- natte schraalgraslanden en natte heide
- droge en vochtige schraalgraslanden, droge heide en kalkgraslanden
- heide en stuifzanden
- droge duinen
- bossen

De werkwijze van de deskundigenteams volgt een bepaald stramien. Begonnen wordt met een pre-advies aan het ministerie waarin de problematiek in grote lijnen geschetst wordt en waarin voorstellen gedaan worden tot het doen van onderzoek, uit te voeren in een aantal fasen. Voor dit onderzoek worden representatieve gebieden geselecteerd die onderhevig zijn aan verdroging, verzuring en eutrofiëring en waar herstelmaatregelen zullen worden uitgevoerd waarvan de effecten gevolgd zullen worden in een monitoringsprogramma. Het uiteindelijke doel van dit onderzoek is te komen tot praktijkrijpe herstelmaatregelen die elders in soortgelijke omstandigheden toegepast kunnen worden.

Het Deskundigenteam Bossen, verantwoordelijk is voor dit pre-advies, heeft de afgelopen jaren gewerkt aan onderzoek in droge bossen met hoge natuurwaarden. In 1992 werd een eerste pre-advies uitgebracht over maatregelen om effecten van eutrofiëring en verzuring in bossen tegen te gaan (Klap en Schmidt, 1992).

Sinds 1995 zijn ook hydrologische (anti-verdrogings)maatregelen subsidiabel binnen het OBN-programma. Daarom werd besloten om een onderzoek te starten naar de mogelijkheden om OBN-maatregelen in natte bossen uit te voeren. Dit pre-advies is een eerste stap daartoe.

Er bestaan ook andere anti-verdrogingsprogramma's waaruit subsidie geput kan worden. Een daarvan is de regeling Gebiedsgerichte Bestrijding Verdroging (GEBEVE) waarmee projecten voor vaak grote gebieden gesubsidiëerd worden (waterschappen of stroomgebieden). De kans dat een voorgesteld OBN-project binnen een GEBEVE-gebied ligt is dan ook groot. Een goede afstemming is dan van belang.

Inleiding

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de actuele situatie van de natte bossen in Nederland, van de bedreigingen door verdroging, eutrofiëring en verzuring waaraan ze blootstaan en van de maatregelen die daartegen genomen kunnen worden. Het accent ligt hierbij op de natte bossen met hoofdfunctie natuur, met het doel de natuurwaarde van de natte bossen te herstellen of te vergroten. Daarnaast wordt aandacht besteed aan de specifieke problemen van de multifunctionele bossen, bossen waarin houtproductie een belangrijke doelstelling is naast natuur, recreatie en bescherming van het milieu. Dit multifunctionele bos beslaat ongeveer 80% (ca. 265 000 ha) van het totale bosareaal.

De natte bossen in Nederland kunnen verdeeld worden in broekbossen, ooibossen en andere natte bossen. Broekbossen en ooibossen komen voor op de natste plekken, waar het bodemprofiel een belangrijk deel van het jaar verzadigd is met water, broekbossen in rustige, moerassige

milieu's en ooibossen in dynamische milieu's langs rivieren. De andere natte bostypen vormen meestal de overgangen tussen de broek- en ooibossen naar drogere bostypen.

Processen

De verdroging van de Nederlandse natte bossen heeft vooral sinds de 2e wereldoorlog plaatsgevonden door grootscheepse ontwateringswerkzaamheden ten behoeve van de landbouw. Hierdoor hebben de natte gebieden met grote natuurwaarden sterk in oppervlakte en kwaliteit ingeboet. Verdroging heeft verschillende effecten in diverse typen natte bossen, afhankelijk van bodemtype (organisch of mineraal) en grondwatertype (zuur bij inzijging of neutraal/basisch bij kwel). De meeste problemen doen zich voor bij verdroging van organische bodems met een basenrijk grondwatertype. Bij daling van de grondwaterstand kan in deze bodems vertering van organisch materiaal optreden waarbij grote hoeveelheden nutriënten vrijkomen die verzuuring kunnen veroorzaken. Daarnaast kan verzuring optreden doordat de basenrijke kwel niet meer de wortelzone kan bereiken. Beide processen kunnen de vegetatie sterk beïnvloeden waardoor typische en zeldzame soorten verdwijnen. Minerale bodems met een zuur grondwatertype zijn minder gevoelig voor deze processen, maar bij deze bodems kan door de verlaging van de grondwaterstand een ongewenste verandering in de soortensamenstelling van de vegetatie optreden waarbij vochtminnende soorten verdrongen worden door soorten van drogere standplaatsen.

Eutrofiëring van de groeiplaats hangt meestal sterk samen met verdroging en de daardoor veroorzaakte versnelde omzetting van organische stof. Daarnaast is eutrofiëring uit externe bronnen mogelijk door atmosferische depositie en door het inlaten van gebiedsvreemd eutroof water. Verder kan onder bepaalde omstandigheden ook bij vernatting eutrofiëring optreden indien de waterstand verhoogd wordt in aanwezigheid van bicarbonaat- en sulfaatrijk grond- of oppervlaktewater. Tenslotte kan eutrofiëring plaatsvinden bij een vermindering van de kwelaanvoer waarmee ferro-ionen worden aangevoerd die vrije fosfaationen wegvangen en vastleggen.

Verzuring van de groeiplaats hangt ook vaak samen met verdroging. Dit is vooral het geval indien grondwaterstands daling tot gevolg heeft dat basenrijke kwel de wortelzone niet meer kan bereiken. Verder kan verzuring het gevolg zijn van atmosferische depositie en van zuurvormende reacties die samenhangen met oxidatie van gereduceerd organisch en anorganisch materiaal dat in natte bossen in grote hoeveelheden aanwezig kan zijn.

Inventarisatie en classificatie

Twee classificatiesystemen voor natte bossen in Nederland werden bestudeerd en met elkaar vergeleken. Het zijn de systemen volgens Van der Werf (1991) en Clerkx et al. (1994). Van der Werf geeft een indeling van alle bostypen in Nederland, waarin de verbanden tussen de natte bossen onderling en tussen de natte bossen en hun drogere counterparts goed naar voren komen. Clerkx et al. (1994) beschouwen alleen de broekbossen en geven een verfijnde indeling van de elzen- en berkenbroekbossen naar groeiplaatskarakteristieken (hydrologie, humusprofiel), vegetatiesamenstelling en verstoringskenmerken en zij doen dat in een veel groter detail dan Van der Werf. Beide systemen vullen elkaar op een goede manier aan.

Een korte beschrijving wordt gegeven van de bostypen van beide classificatiesystemen waarbij vooral de relatie tussen bostype en groeiplaats aan de orde komt.

De ecologie van de natte bossen

Door de vlakke ligging en de voornamelijk sedimentaire opbouw van de bodem in Nederland, gecombineerd met het heersende neerslagoverschot komen hoge grondwaterstanden en daarmee natte ecosystemen relatief veel voor. Op de laagste plekken begint de successie met laagveengroei totdat voldoende verlanding van de plassen heeft plaatsgevonden, gevolgd door elzenbroekbossen zolang de groeiplaats voldoende lithotroof (basenrijk) water bevat. Elzenbossen

komen verder voor in beekdalen die onder invloed staan van kwelwater en/of oppervlaktewater. In zeer dynamische milieus langs rivieren (grote waterstandsschommelingen, overstromingen, hoge stroomsnelheden) komen elzenbroekbossen niet voor. In plaats daarvan komen ooibossen voor waarin de wilg de belangrijkste soort is.

Op natte voedselarme groeiplaatsen wordt de els verdrongen door de zachte berk. Deze groeiplaatsen komen veel voor op de arme zandgronden in het Pleistocene deel van Nederland, vooral op vlakke waterscheidingen en lichte depressies in hoger terrein. Op zulke plaatsen is de invloed van het grondwater gering en is het water in de wortelzone vooral aflomstig van regenwater (atmotroof). Onder extreem natte en zure omstandigheden kan ook de berk zich niet handhaven en maakt plaats voor een hoogveenvegetatie waarin veenmossen domineren. Van nature komen berkenbossen voor langs de randen van hoogveengebieden en langs de randen van vennen. Bij verdroging van hoogveengebieden krijgt de berk weer een kans door de iets verbeterde ontwatering. Ook in het Holocene deel van Nederland kan berkenbroek zich ontwikkelen uit elzenbroek wanneer door voortgaande veenvorming de wortelzone buiten bereik van het lithotrofe oppervlakte- en grondwater komt.

Veeenvorming komt voor in zowel de elzenbroeken als de berkenbroeken. In elzenbroeken is de veenlaag meestal dun omdat de decompositie van de organische stof slechts weinig langzamer is dan de productie van organische stof. In de andere typen natte bossen in Nederland komt veenvorming niet of nauwelijks voor. Deze bossen zijn in het algemeen natte varianten van droge bostypen. Ook hierbij komen bostypen voor van basenrijke (door grond- of oppervlaktewater gevoede) en basenarme (door regenwater gevoede) groeiplaatsen. Deze bostypen vormen vaak de overgangen tussen de broekbossen en het hogere land.

Beheer van natte bossen

Beheersdoelen variëren in de tijd (Sloet van Oldruitenborgh, 1982). Men kan de natuur in reservaten aan zichzelf overlaten; men kan beheersmaatregelen uitvoeren om halfnatuurlijke landschappen in stand te houden en men kan doelbewust streven naar een zo groot mogelijke diversiteit. Bij elzenbossen zal het beheer er in de meeste gevallen op gericht zijn om de oorspronkelijke hydrologische situatie weer terug te krijgen waarbij basenrijk grondwater weer in contact met de wortelzone van de vegetatie gebracht wordt.

Bij berkenbossen is de situatie enigszins complex. In de kernen van hoogveencomplexen wil men meestal de berk weren en weer boomloos hoogveen terugkrijgen. Hetzelfde geldt voor de randen van vennen die van nature deels met berkenbroek begroeid zijn. Hier willen beheerders vaak geen berkenbos omdat dit de lichtval in het ven vermindert, hetgeen een vermindering van de soortenrijkdom van de aan de rand van het ven voorkomende moerasvegetatie veroorzaakt, en omdat dit een niet wenselijke verrijking van het venmilieu bevordert (bladval). Langs de randen van hoogveencomplexen en op veendijken kunnen echter zeer waardevolle typen berkenbos voorkomen die behouden en bevorderd moeten worden, bijvoorbeeld het Gagel-Berkenbos en het Struikhei-Berkenbos. Ook berkenbossen die zich ontwikkelen in de centra van elzenbossen doordat de invloed van het regenwater in de wortelzone toeneemt, zijn zeer waardevol. Het beheer is erop gericht om natte atmotrofe omstandigheden te handhaven door afvoer van water uit het gebied af te remmen, door het dichten van sloten en het opzetten van water in de randgebieden.

Ook bij gedegradeerde natte bossen op minerale groeiplaatsen is herstel van de oorspronkelijke hydrologie van het grootste belang. De bostypen van de rijke minerale groeiplaatsen hebben vaak te lijden van verminderde kwel en verder van vervuild oppervlaktewater; de bostypen van de arme minerale groeiplaatsen van verlaagde grondwaterstanden en eutrofiëring door intensieve landbouw in de omgeving. Ook brongerichte maatregelen zijn vaak nodig om de situatie te verbeteren. Hierbij valt te denken aan aanschaf van randgebieden en vermindering van de grondwateronttrekking bovenstrooms.

Selectie natte bostypen voor verdere studie

Uit de veelheid aan natte bostypen die in Nederland voorkomen volgens het classificatiesysteem van Van der Werf (1991) heeft het Deskundigenteam Bossen een selectie gemaakt van die typen waarop het onderzoek zich in eerste instantie moet richten. Dit zijn de belangrijkste typen wat betreft oppervlakte, natuurwaarde, aard van de waterhuishouding (inzijging-kwel), voedselrijkdom, bedreigingen en waarde wat betreft verschillende aspecten: rijkdom aan flora en fauna, diversiteit, zeldzaamheid, landschappelijke schoonheid, bodemontwikkeling. Verder is gekeken naar de mogelijkheden of aan de bedreigingen iets te doen valt. Een achttal typen natte bossen werd geselecteerd. Als belangrijkste type kwam naar voren het elzenbroek, gevolgd door het berkenbroek en enkele typen die behoren tot de Vochtige Elzen-Essenbossen.

Maatregelen

De effectgerichte maatregelen die men kan nemen in het kader van OBN kunnen verdeeld worden in:

- maatregelen gericht op de afvoer van nutriënten en organische stof
- maatregelen gericht op toevoegingen van stoffen aan het systeem ter buffering of herstel van de mineralenbalans
- hydrologische maatregelen
- manipulatie van (bos)vegetaties.

Maatregelen kan men verder verdelen naar de status ervan in de OBN hiërarchie. Deze indeling is als volgt:

- autonome maatregelen
- toetsingsmaatregelen
- onderzoeksmaatregelen
- niet relevante of niet beoordeelde maatregelen
- ongeschikte maatregelen

De hoogste status hebben de autonome maatregelen. Deze zijn goed onderzocht, effectief bevonden en met weinig risico, zonder vooronderzoek, toe te passen. Deze maatregelen zijn subsidiabel onder OBN en kunnen daarbij door beheerders zonder begeleiding van deskundigen worden uitgevoerd. Voor de andere maatregelen gelden restricties in toenemende mate. Onderzoeksmaatregelen hebben in de praktijk nog niet bewezen effectief te zijn, en er is een risico van ongewenste effecten. Deze maatregelen kunnen slechts worden uitgevoerd onder deskundige leiding met als doel kennisontwikkeling. De toetsingsmaatregelen nemen een tussenpositie in. Ze hebben bewezen effectief te zijn of er bestaat geen risico van ongewenste effecten. Ook deze maatregelen moeten onder deskundige leiding uitgevoerd worden.

Bij het herstel van natte bossen zullen de hydrologische maatregelen de belangrijkste zijn, aangevuld met maatregelen uit de andere categorieën. In de referentieprojecten zullen niet of weinig bekende maatregelen getest worden om te kijken of ze de status autonoom of toetsing (subsidiabel bij toepassing onder deskundig leiding) kunnen krijgen.

Vernatting in multi-functionele bossen

Bij vernatting in multi-functionele bossen spelen dezelfde processen als in bossen met de hoofdfunctie natuur. De aanplant vormt echter een additioneel probleem. Multi-functionele natte bossen zijn vaak bossen die voorkomen op groeiplaatsen die de overgangen vormen tussen moerassige broeken en hoge gronden. Op deze groeiplaatsen heeft van nature bijvoorbeeld Vochtig Berken-Zomereikenbos, Vochtig Wintereiken-Beukenbos, Eiken-Haagbeukenbos of Elzen-Eikenbos gestaan. Momenteel staan er vaak heel andere inheemse of uitheemse boomsoorten in deze bossen dan de van nature voorkomende. Zo zal men er vaak douglas, lariks of fijnspar aantreffen, die er redelijk kunnen groeien omdat door ontwatering de standplaats droger geworden is. Voor deze multi-functionele natte bossen moet onderzocht worden wat de effecten van vernatting zijn.

De invloed van grondwaterstanden op de groei van een aantal boomsoorten is in grote lijnen bekend uit de literatuur. Deze kennis is echter voor een groot deel kwalitatief. Kennis over effecten van de mate van vernatting en de snelheid van vernatting ontbreekt grotendeels. Nader onderzoek hierna is gewenst. Het is vooral van belang inzicht te krijgen in de sturende factoren die bij deze processen een rol spelen. Gezien de beperkte kennis van de gevolgen van vernatting en de grote risico's die ermee gepaard gaan zijn voorlopig autonome maatregelen ongewenst.

Het onderzoek naar vernatting in multifunctionele bossen kan bestaan uit

- a) observationeel onderzoek,
- b) eenvoudig opgezet veldonderzoek waarbij gemeten wordt vóór, tijdens en na grondwaterstandverhoging en
- c) veldonderzoek onder beheerste omstandigheden.

Onderzoek onder a) zal worden uitgevoerd op representatieve plaatsen waar reeds vernatting is uitgevoerd (bijvoorbeeld Gees in Drenthe); voor onderzoek onder b) moeten nog geschikte plaatsen geselecteerd worden. Voor onderzoek onder c) wordt voorgesteld het grondwaterstandenproefveld Geestmerambacht te gebruiken.

Kennisleemtes en onderzoeksvragen

Kennisleemtes bestaan er vooral op het gebied van de tijdsfactor van de processen en op het gebied van de effecten van maatregelen. De uit deze kennisleemtes voortvloeiende onderzoeksvragen zullen bestudeerd moeten worden in referentieprojecten, waarbij de hoofddoelen van het onderzoek zijn:

- het verkrijgen van een beter inzicht in de processen in natte bossen (natuurlijke processen, de processen die optreden bij verdroging, vermesting en verzuring en de processen die optreden bij verbeteringsmaatregelen);
- het verkrijgen van een beter inzicht in de effectiviteit en de doelmatigheid van verbeteringsmaatregelen.

Studieobjecten of referentieprojecten

Referentieprojecten zijn onderzoeksprojecten die OBN-maatregelen op representatieve locaties monitoren teneinde:

1. een beter begrip te krijgen van de effecten van de maatregelen en
2. maatregelen aan de uitkomsten van deze onderzoeken aan te passen.

Deze referentieprojecten zijn vooral bedoeld om maatregelen te toetsen die nog niet in de praktijk toegepast kunnen worden.

De voorgestelde referentieprojecten zijn:

1. Koelbroek in Noord-Limburg. Verschillende soorten goed ontwikkeld elzenbroek in verveende Maasmeander. Representant van de broekbossen in het zuidelijke gebied.
2. Voltherbroek/Agelerbroek in Twente. Onderdeel van het grootste broekbossencomplex van Nederland. Representant van de broekbossen in het noordelijke keileemgebied.
3. Korenburger, Vragender en Meddoscheveen in de Achterhoek. Zeer gevarieerd gebied met elzen- en berkenbroekbossen (aan de rand van hoogveen) en overgangen daartussen.
4. Het Naardermeer in het zuidoostelijk deel van Noord-Holland. Representant van de broekbossen in het Holocene gebied.
5. Springendal in Twente. Hellend gebied met verscheidene elzenbronbosjes.
6. Kloppersblok in Twente. Beekdal met goed ontwikkeld Vogelkers-Essenbos.
7. Geestmerambacht in Noord-Holland. In dit project kan onder gecontroleerde omstandigheden het effect van vernatting op een aantal boomsoorten bepaald worden.
8. Observationeel onderzoek in bestaande vernattingsprojecten (o.a. Gees, Leende)
9. Referentieproject vernatting waarbij vóór, tijdens en na vernattingsmaatregelen waarnemingen worden uitgevoerd. Een geschikte locatie hiervoor moet nog gezocht worden.

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding

Een flinke omschakeling is vereist wanneer men, na een eeuwenlange strijd tegen het water die steeds succesvoller verlopen is, tot de conclusie komt dat men te ver is gegaan en er vernattingsmaatregelen genomen moeten worden.

Waterschappen in Nederland stelden (en stellen) er eer in het overvloedige regen- en kwelwater snel en efficiënt af te voeren en een ontwateringsdiepte voor de landbouw te handhaven die optimaal is voor gewasproductie en mechanisatie. Daartoe werden zelfs natuurlijke waterstandsschommelingen omgekeerd. In plaats van hogere standen in winter en voorjaar en lagere in zomer en herfst ten gevolge van respectievelijk een neerslag- en verdampingsoverschot werden op kunstmatige manier lage waterstanden gerealiseerd in winter en voorjaar door extra drainage en hogere standen in de zomerperiode door waterinlaat van elders.

Een hoofddoel van de waterbeheersing: het vergroten van de landbouwkundige productie, werd ruimschoots gehaald. Deze is sinds de 2e wereldoorlog zeer sterk gestegen, tekorten zijn verdwenen en in veel gevallen vervangen door overschotten die met veel subsidiegeld 'weggewerkt' moeten worden.

Wanneer de eerste levensbehoeften vervuld zijn krijgen andere zaken in het leven meer aandacht: geen cultuur op een lege maag. Met het succes van de landbouw nam ook de belangstelling voor de natuur en het landschappelijk schoon toe, zowel voor het esthetische als wel het ecologische aspect ervan. Verder zit er aan de natuur ook een economisch aspect. De natuur heeft waarde voor recreatie en toerisme en voor de instandhouding van genenbronnen die economische waarde kunnen krijgen. Bovendien zorgt natuurbehoud (naast duurzame landbouw) voor het instandhouden van het productievermogen van het land in de toekomst, waar intensieve exploitatie vaak degradatie (erosie, compactie, vervuiling) tot gevolg heeft. Misschien is de macro-economische "opbrengst" van natuurgebieden gemiddeld wel hoger dan die van landbouwgebieden als alle kosten van de voor de landbouw ingestelde infrastructuur (polders, bemalingen, etc) en nationale en internationale (EU) landbouwsubsidies worden meegerekend.

Het zijn vooral de natte gebieden met grote natuurwaarden die sterk in oppervlakte en kwaliteit hebben ingeboet door de verregaande mate van ontwatering. Maatschappelijke druk heeft ertoe geleid dat er regeringsbeleid geformuleerd is om de verdroging van de natuur te lijf te gaan. Het beoogde doel - een vermindering van het verdroogde oppervlak van natuurterreinen met 25% in het jaar 2000 ten opzichte van het ijkjaar 1985 - leek in eerste instantie bereikbaar (Vermeer, 1994). Recente berichten zijn echter pessimistisch. Volgens een schatting van het RIZA in Lelystad zal rond de eeuwwisseling slechts een reductie van 9 procent zijn bereikt. Op het ogenblik is het verdroogde areaal met ca 5% gedaald ten opzichte van 1985 (Beugelink en Claessen, 1996).

De regeringsdoelstelling om het verdroogde oppervlak in het jaar 2000 met 25% te verminderen was het gevolg van een door de Tweede Kamer in 1990 aanvaarde motie (Lansink en Van Rijn-Vellekoop) van dezelfde strekking. Later volgde nog een aanscherping: vóór het jaar 2010 zou de reductie 40 procent moeten bedragen.

Als voornaamste oorzaak van de verdroging gelden doelbewuste peilverlagingen, uitgevoerd door waterschappen ten gunste van de boer. De daling van het grondwaterpeil is voor een groot deel, zo'n 70%, toe te schrijven aan de landbouw (De Lange, 1995). Dankzij een droog oppervlak kan de boer met zijn trekker en zware machines gemakkelijker het land op. Bovendien komt (na drainage) in het voorjaar de gewasgroei eerder op gang waardoor de productie stijgt. Een andere oorzaak van verdroging is de grondwaterwinning voor de openbare drinkwatervoorziening, voor industriële doeleinden en voor beregening in de landbouw. Ook de voortgaande verstedelijking gaat gepaard met een versnelde afvoer van regenwater naar rivieren en meren. Over geheel Nederland gerekend is het gemiddelde grondwaterpeil de laatste 35 jaar met circa 35 cm gezakt (Rolf, 1989). De Lange (1995) spreekt van een daling van gemiddeld ongeveer 20 cm, maar op sommige plaatsen van meer dan een meter.

Volgens regering, parlement en natuurorganisaties moet dat peil weer drastisch omhoog om de aftakeling van de natuur tot staan te brengen. Dat gaat echter niet zomaar. Landbouwers die commercieel nadeel van de “vernatting” ondervinden, willen schadeloos gesteld worden. Vaak is de enige mogelijkheid het aanschaffen van boerenland in en rondom natte natuurgebieden om er natuurterrein van te maken. Dit gaat met grote kosten gepaard. Daarbij komen de kosten van infrastructurele werken zoals het plaatsen (of juist wegnemen) van stuwen, het omleiden van beken, het weer laten meanderen van beken en nieuwe ruilverkavelingen.

Bij deze infrastructurele werken moet gewaakt worden voor een al te groot enthousiasme van de kant van cultuur- en civieltechnici. Wat al te gemakkelijk wordt bovengrond afgegraven voor verschraling, waarna dan ook nog het gevaar bestaat dat de afgegraven grond als chemisch afval behandeld moet worden omdat gehalten van bepaalde stoffen daarin een bepaalde “arbitraire” drempel overschrijden. Ook moet de nodige voorzichtigheid betracht worden bij het kunstmatig maken van meanders in waterlopen en het totaal veranderen van het landoppervlak door allerlei graafwerkzaamheden. Het gevaar dat daarbij de natuurlijke geomorfologie en de daarop door de mens aangebrachte kleinschalige landschapselementen zoals essen, alsmede bodemprofielen, die het resultaat zijn van duizenden jaren bodemvorming, verstoord of vernietigd worden, is niet denkbeeldig.

De slechte toestand van de natte gebieden in het algemeen en de natte bossen in het bijzonder door verdroging, maar ook door luchtverontreiniging, is de aanleiding geweest tot het uitbreiden van het OBN-programma tot de natte bossen. Dit pre-advies is hiertoe een eerste stap.

1.2. Probleemstelling

Maatregelen tegen de negatieve effecten van verdroging, verzuring en eutrofiëring kan men verdelen in brongerichte en effectgerichte. Brongerichte maatregelen zijn te verkiezen, maar die zijn niet in de hand van terreinbeheerders. Een ander nadeel is dat er een flinke tijd overheen kan gaan vóór ze effect hebben. Effectgerichte maatregelen, maatregelen die in het terrein zelf genomen worden, kunnen tijdelijk een oplossing bieden, cq. kunnen de verslechtering van het milieu zoveel mogelijk beperken. Effectgerichte maatregelen kunnen door de terreinbeheerder worden uitgevoerd en dienen om zodanige condities in het terrein te scheppen dat bepaalde typen ecosystemen kunnen worden hersteld, gehandhaafd of ontwikkeld. Effectgerichte maatregelen mogen echter in geen geval in de plaats komen van brongerichte maatregelen maar moeten liefst daarmee samengaan en daarop ook worden afgestemd (Oranjewoud, 1995). Bij het voorbereiden en uitvoeren van maatregelen dient zoveel mogelijk rekening te worden gehouden met actuele en potentiële natuurwaarden, het (archeologisch) bodemarchief, de effectiviteit van de maatregelen en de kansrijkdom van het natuurherstel.

Uitgangspunt blijft echter dat het gaat om tijdelijk beleid: echte oplossingen ten aanzien van het behoud en herstel van bos en natuur kunnen alleen bereikt worden bij het realiseren van het brongericht beleid zoals vastgelegd in het Nationaal Milieubeleidsplan 2. Uitvoering ervan leidt echter pas in de periode 2010-2015 tot milieucondities die de achteruitgang van bos en natuur tot staan kunnen brengen. In de tussenliggende periode zijn daarom in onderlinge samenhang met en aanvullend op het brongericht beleid, tijdelijke maatregelen nodig om de effecten van verzuring, verdroging en eutrofiëring te bestrijden (IKC/Oranjewoud, 1995). Het beste is om te streven naar een zogenaamd gebiedenbeleid, waarbij alle versturende invloeden tegelijk worden aangepakt.

Ervaringen tonen aan dat effectgerichte maatregelen in sommige natuurgebieden, onderworpen aan de negatieve invloed van atmosferische depositie (verzuring en eutrofiëring), zeer effectief en succesvol kunnen zijn en kunnen leiden tot herstel van natuurwaarden en tot terugkeer van bepaalde zeldzame en bijzondere soorten planten en dieren. Het bekendste voorbeeld is het plaggen van heidevelden waarbij een duidelijke vermindering van de hoeveelheid opgehoopte stikstof bereikt wordt, in veel gevallen leidend tot een terugdringing van de vergrassing en terugkeer van de specifieke heidesoorten (Roelofs et al., 1993; Diemont, 1996). Verder zijn positieve ervaringen opgedaan met plaggen in blauwgraslanden in combinatie met hydrologische ingrepen (Jansen et al., 1993). Ook in oppervlaktewateren zijn spectaculaire resultaten bereikt. Onderzoek van Cals et al. (1993) in geëutrofiëerde of verzuurde oppervlaktewateren toonde aan

dat met voorzichtig maar gericht ingrijpen door baggeren en bemergeling herstelprocessen in gang gezet kunnen worden. In de duinen lijken begrazing en verstuiving maatregelen te zijn die het gewenste herstel kunnen bewerkstelligen. (Van der Meulen et al., 1996).

Effectgerichte maatregelen in droge bossen zijn tot nu toe minder spectaculair (Klap en Schmidt, 1995). Bossen zijn complexer en reageren niet zo snel op plaggen als een korte vegetatie. De proeven lopen nog te kort om al duidelijke effecten te geven. De ontwikkelingen gaan in de richting van een geleidelijk herstel van de kenmerkende vegetatie (Klap en Schmidt, 1995). Dergelijke maatregelen kunnen echter ook negatieve effecten hebben, zoals wortelbeschadiging bij de bomen door plagmachines. Ze moeten daarom eerst grondig bestudeerd worden vóór ze in de praktijk toegepast kunnen worden. Recentelijk is gevonden dat, in experimenten met nagebootst brongericht beleid in naaldbossen, vermindering van de N-depositie leidt tot een herstel van het boscossysteem (Boxman et al., 1995).

Effectgerichte maatregelen in natte bossen zijn in de praktijk nog niet of nauwelijks toegepast. Een aantal maatregelen gericht op verschraving in de strijd tegen eutrofiëring zou ook in natte bossen uitgetoetst kunnen worden. Vervolgens zijn een aantal maatregelen te bedenken op het gebied van hydrologische ingrepen en sommige daarvan worden reeds op experimentele schaal toegepast.

Het probleem is dat er nog nauwelijks iets bekend is van de hoofd- en neveneffecten van al deze maatregelen, niet voor de korte en zeker niet voor de lange termijn. Een aantal in theorie veelbelovende maatregelen moet daarom bestudeerd worden in onderzoeks- of referentieprojecten, alvorens ze in de praktijk toegepast kunnen worden.

Bij vernatting van multifunctionele bossen spelen heel andere zaken een rol. Hier zien we vaak dat boomsoorten aangeplant zijn die wel thuishoren bij de huidige drogere toestand maar niet bij de oorspronkelijke nattere toestand. Bestudeerd moet worden wat de effecten zijn indien men ter vergroting van de natuurwaarde probeert de oorspronkelijke hydrologische toestand te herstellen. Bij herstel van de oorspronkelijke hydrologische toestand zal de waterspiegel stijgen en de zuurstofvoorziening in de bodem afnemen. De consequenties voor de ontwikkeling van het boombestand (afsterven wortels, groeireductie of juist -toename, veranderingen in de vitaliteit, windworp, afsterven, verschuivingen in de soortensamenstelling van bomen en ondergroei) zijn onvoldende bekend om zonder meer te worden toegepast. Daarnaast zal vernatting van multifunctionele bossen vaak optreden als bijverschijnsel van hydrologische maatregelen met andere doeleinden, bijvoorbeeld in het kader van venherstel. Tenslotte moet aandacht besteed worden aan de snelheid van vernatting.

1.3. Doelstelling

Doel van het onderzoek in het kader van het OBN is het verkrijgen van meer inzicht in effecten en neveneffecten van bestaande maatregelen en het ontwikkelen van nieuwe algemeen toepasbare maatregelen, die men kan treffen met het oog op het herstel van de negatieve gevolgen van verzuring, vermesting (beide als gevolg van luchtverontreiniging) en verdroging.

Bij dit onderzoek worden kennislacunes gesignaleerd en nieuwe onderzoeksvragen geformuleerd. Dit kan gaan in de vorm van projectvoorstellen voor nieuwe effectgerichte maatregelen (in praktijkexperimenten), waarbij de effecten, die daarbij verondersteld worden op te treden, worden aangegeven. Met behulp van monitoring worden de (neven)effecten van de maatregelen vervolgens vastgelegd. *Monitoring* in het kader van het OBN is het gestructureerd verzamelen van gegevens ten behoeve van het meten van de effecten van de maatregelen en het bepalen van de bijdrage van de maatregelen aan de beleidsdoelstellingen van het natuurbeleid en het OBN. Hierbij moet een duidelijke koppeling aanwezig zijn tussen de beleidsdoelstelling (bijvoorbeeld herstel bos en natuur), de bedreigingen vanuit het milieu (mate van verzuring, eutrofiëring en verdroging) en de te treffen effectgerichte maatregelen (Oranjewoud, 1995).

In dit pre-advies wordt de problematiek van de bedreigingen van de natte bossen in Nederland, alsmede een aantal mogelijke oplossingen in grote lijnen aan de orde gesteld en worden aanbevelingen gedaan voor onderzoek, uit te voeren in latere fases. De in Nederland

voorkomende typen van natte bossen worden behandeld, alsmede de bedreigingen waaraan ze blootstaan en wat daaraan gedaan zou kunnen worden. Verder worden aanbevelingen gedaan tot het instellen van Referentieprojecten, dit zijn representatieve natte bossen waarin maatregelen uitgevoerd worden. In deze Referentieprojecten zal begeleidend onderzoek plaatsvinden naar de effecten van de maatregelen. Een van de doelen daarbij is om te komen tot een classificatie ervan naar Autonome, Toetsings- en Onderzoeksmaatregelen (zie Hoofdstuk Maatregelen). Een aantal representatieve gebieden, waar op korte termijn verbeteringswerkzaamheden uitgevoerd gaan worden of overwogen worden en waar de effecten van deze maatregelen goed onderzocht kunnen worden op hun effectiviteit, worden als Referentieproject voorgesteld.

Ter bestudering van vernatting in multifunctionele bossen wordt één referentieproject voorgesteld waarin onder gecontroleerde omstandigheden de effecten van grondwaterstandsverhogingen op boomsoorten bestudeerd kunnen worden. Additionele projecten moeten gestart worden op geschikte plaatsen waar praktijkmaatregelen uitgevoerd zijn/worden die vernatting tot gevolg hebben. Daarnaast zal nog een (of enkele) referentieproject(en) in multifunctionele bossen geselecteerd worden waar op representatieve manier in de praktijk de grondwaterspiegel gemanipuleerd wordt.

2. ONTSTAANSGESCHIEDENIS VAN DE NEDERLANDSE BROEKBOSSEN

De Nederlandse broekbossen zijn te vinden in hoogvenen en vennen (vooral berkenbroek), laagvenen (elzen- en berkenbroek) en in beekdalen en kwelzones op de zandgronden (vooral elzenbroek). De ontstaansgeschiedenis van de Nederlandse broekbossen hangt dus sterk samen met de ontwikkeling van de hoog- en laagvenen. Hoogvenen worden momenteel onderzocht door een Deskundigenteam Hoogvenen en het pre-advies is in Maart 1997 uitgekomen (Schouwenaars et al., 1997).

Volgens Wolf (1992) had het hoogveen in Nederland rond 2000 voor Christus zijn grootste verbreiding. In West- en Noord-Nederland was het landoppervlak grotendeels onder een hoogveendek verdwenen. Verder waren er flinke complexen hoogveen in de Peel en in het grensgebied van Drente en Groningen, het grensgebied van Drente en Overijssel, het grensgebied van Overijssel en Gelderland met Duitsland en in de Gelderse vallei. Hoogveenvorming vond plaats vanaf ca 5000 voor Christus. Gedurende zijn grootste verbreiding was er ongeveer 1 000 000 ha hoogveen. Door natuurlijke oorzaken is het grootste deel verdwenen. Veel is door de zee weggeslagen of door zee- of rivierafzettingen afgedekt. Door daling van het land gecombineerd met zeespiegelstijging (transgressie) en inklinking van het veen zijn ook delen onder water verdwenen. In zo'n situatie, wanneer het regenwater in het veen vervangen wordt door grond- of oppervlaktewater, stopt de hoogveenvorming en begint de laagveenvorming. In de 17e eeuw was er nog ongeveer 200 000 ha hoogveen over. Deze lagen vooral in Noord-Oost Nederland (de veenkoloniale gebieden) en de Peel.

In west Nederland werd landbouw bedreven op het veen en er werd turf gestoken, vooral daar waar het van goede kwaliteit was (slibarm veenmosveen). Later werd overgeschakeld van bouwland naar grasland ten gevolge van het natter worden van het land door inklinking en oxidatie. Ook op hoogvenen in oost en zuid Nederland vond ontwatering plaats gevolgd door bijvoorbeeld de boekweitbrandcultuur. Grootschalige afgravingen vonden vooral plaats tussen 1850-1950. Van het ca 3000 ha grote hoogveengebied van de Peel is slechts ca 400 ha als (afgegraven) veengebied bewaard gebleven.

In Nederland is nu nog ca 11 000 ha hoogveen aanwezig. De zes grootste hoogveencomplexen die Nederland rijk is zijn: het Bargerveen Drenthe ca 2000 ha, het Fochteloërveen Friesland/Drenthe ca 1500 ha, de Enbertdijksvenen Overijssel ca 950 ha, de Mariapeel Limburg ca 1100 ha, de Deurnse Peel N-Brabant ca 1100 ha en de Grote Peel N-Brabant/Limburg ca 1000 ha. Nergens in Nederland is nog een voorbeeld van een intact hoogveen aanwezig (Streefkerk en Casparie, 1987). De enige plaatsen waar nog ongestoorde hoogveenontwikkeling plaatsvindt betreft de veenranden langs een aantal heidevennen. Deze beslaan echter een dergelijk klein oppervlak, dat ze niet als hoogveensystemen worden aangemerkt.

De nog in Nederland aanwezige hoogvenen worden ingedeeld naar aard en mate van verstoring. Onderscheiden worden: afgetakeld hoogveen (=vergraven en ontwaterd) en rustend hoogveen (=onvergraven en oppervlakkig ontwaterd). Het grootste deel van het Nederlandse hoogveen is afgetakeld hoogveen. Rustend hoogveen komt nog voor in het centrale deel van het Fochteloërveen, het Bargerveen, de Witten, het Witte Veen en een klein deel van de Engbertsevenen. Na de beëindiging van de vervening van het Amsterdamse Veld en het Schonebeekerveld is er minder dan 1000 ha rustend hoogveen in Nederland over. Dit is grotendeels gelegen in het Fochteloërveen en het Meerstalbok (deel van het Bargerveen). Voor meer informatie over hoogvenen zie Schouwenaars et al. (1997).

Van het enorme hoogveengebied dat 4000 jaar geleden west en noord Nederland bedekte is dus niets meer over. Het is weggeslagen door de zee, weggegraven of veraard door ontginning en de daarmee gepaard gaande inklinking en oxidatie. Waar het oppervlak onder eutroof water verdwenen is, is hoogveengroei vervangen door laagveengroei.

Op het vroegere, niet door de mens beïnvloedde, hoogveen was slechts aan de rand enige berkenopslag aanwezig. Berkenbroekbossen kregen de kans om te ontstaan vanaf het moment dat de hoogvenen werden ontwaterd. Berkenbos met een dichte mat van pijpestrootje eronder, zoals dat in de huidige hoogvenen over grote oppervlakten aanwezig is, is karakteristiek voor de verdroogde, al dan niet vergraven, hoogvenen. Daar waar het veen tot op de zandondergrond is afgegraven is adelaarsvaren onder het berkenbos te vinden. Hier is geen sprake meer van een echt hoogveenmilieu.

Rondom voedselarme vennen kan een smalle strook hoogveen voorkomen. Door hun kleine omvang hebben deze veentjes een ander karakter dan de lenshoogvenen. Ze liggen zeer geïsoleerd en zijn minder homogeen door hun voorkomen op een milieugradiënt, verlopend van het centrum van het ven (zeer nat) naar de rand (relatief droog). Venmilieus zijn oorspronkelijk zeer voedselarm en zuur. De meeste vennen zijn echter enigszins verrijkt ten gevolge van beïnvloeding van buitenaf.

Veel laagvenen zijn uit hoogvenen ontstaan na verdrinking. Dit geldt bijvoorbeeld voor grote delen van het veengebied ten noorden van Amsterdam, het oostelijke Vechtplassengebied en het veengebied van Noord-West Overijssel. Andere, sterker door de rivieren of de zee beïnvloedde gebieden, zoals het grootste deel van het Zuidhollandse-Utrechtse veengebied, zijn altijd laagveen geweest volgens Jansen en Stortelder (1984) in Wolf (1992). Echter ook hier moeten de centrale delen van de kommen, ver weg van de rivierinvloed, bedekt zijn geweest met hoogveen.

Laagveengroei zorgt voor verlanding van ondiep water, te beginnen met drijvende waterplanten, vervolgens zegge en rietsoorten en daarna elzenbroekbos. Laagveen is een verzamelnaam van verschillende veensoorten die onder waterverzadigde omstandigheden ontstaan in een eutroof of mesotroof milieu. Deze omstandigheden heersen zolang de veengroei plaatsvindt in grond- of oppervlaktewater zoals in plassen. Wordt door veengroei het oppervlak van het water bereikt (de plas is dichtgegroeid) dan zal de toevoer van oppervlaktewater en grondwater naar de plantenwortels verminderen. In de bovenste laag waar de veengroei plaatsvindt, zal de regenwaterinvloed toenemen met als gevolg meer oligotrofe en zure omstandigheden. De vegetatie zal zich hieraan aanpassen en laagveensoorten worden langzamerhand vervangen door hoogveensoorten (wat de boomsoorten betreft de els door de zachte berk). Bij verdergaande ophoging en verarming neemt het aandeel van veenmossen toe, en deze ontwikkeling zou uiteindelijk moeten leiden tot een boomloos veenmosveenmoeras dat, volledig geïsoleerd van grond- of oppervlaktewater, boven het landschap uitgroeit, het regenwater als een spons vasthoudend. Hierbij kunnen meters dikke lensvormige hoogveenpakketten ontstaan: lenshoogveen of ombrogeen veen. Dit stadium is in het laagveengebied echter nog nergens bereikt.

Behalve deze tijdssequentie is er ook een plaatssequentie. Oorspronkelijk, vóór de menselijke invloed kon men de volgende sequentie aantreffen in het laagveengebied, dwars op de rivier, bijv. de Vecht in Utrecht (uit Bakker, 1976, in Wolf, 1992):

Ooibossen op minerale gronden

1. rivierbedding: wilgenstruweel
2. oeverwal: soortenrijk bos met es, zomereik, iep en meidoorn
3. jaarlijks door rivierwater overstroomde komgebieden: moerasbos met wilg, zwarte els en es
4. Broekbossen op bosveen
5. sporadisch door de rivier overstroomde gebieden: elzenbroekbos
6. overgang van door de rivier beïnvloede gebied naar door regenwater gevoede boomloze hoogvenen: berken-elzenbroekbos
7. Hoogveen
8. boomloos hoogveen (veenmosveen)

Eenheid 4 is typisch eutroof laagveen en eenheid 6 is typisch oligotroof hoogveen. Eenheid 5 vormt de overgang.

Op grond van de veensamenstelling kan voor het huidige laagveengebied de volgende indeling worden gemaakt (naar Stichting voor Bodemkartering, 1965):

- veenmosveen, ontstaan onder voedselarme omstandigheden (hoogveen)

- broekveen, ontstaan in beekdalen
- bosveen, ontstaan o.i.v. voedselrijk rivierwater
- biezenveen, ontstaan o.i.v. zeewater
- rietveen, ontstaan o.i.v. rivierwater of zeewater
- zeggeveen, ontstaan o.i.v. kwelwater aan de rand van de hoger gelegen duinen en stuwwallen

De hoogveengebieden zijn vooral aangetast in de periode 1850-1950 (Wolf, 1992). Ze werden ontwaterd en verturfd. In 1950 zijn nog enkele hoogveenrestanten over. Hier treedt opslag van berk op en er ontstaan berkenbroekbosjes waar vroeger boomloos hoogveen was.

De laagveengebieden zijn aangetast vanaf de Middeleeuwen. De broekbossen werden gekapt en oppervlakkig ontwaterd voor veenweidegebieden. Hierdoor werden waarschijnlijk ook de verder van de rivier af gelegen ombrogene hoogvenen langzamerhand aangetast door ontwatering en inklinking, met als gevolg overgang van hoogveen naar laagveen.

Grote hoeveelheden veen zijn in de laagveengebieden in de 17e en 18e eeuw uitgebaggerd en opgestookt. Hierdoor ontstond een landschap van legakkers, trekaten, petgaten en veenplassen. Na het stopzetten van de veenafraving begonnen de gaten en de plassen te verlanden. Er ontwikkelden zich kraggen met rietlanden, indien er gemaaid werd. Waar het maaien achterwege bleef of gestopt werd ontwikkelde zich spontaan een nieuwe generatie elzen- en berkenbroekbos.

De duizenden jaren oude broekbossen van de beekdalen in het Pleistocene gebied zijn vanaf de 11e eeuw ontgonnen en omgezet in hooi- of weiland. Rond 1900 werden veel natte hooilanden weer aan hun lot overgelaten toen door de opkomst van de kunstmest ook de hogere gronden vruchtbaar gemaakt konden worden. De verlaten hooilanden verbosten en werden vervolgens in gebruik genomen als elzenhakhout. Na de 2e wereldoorlog deden echter de ruilverkavelingen hun intrede en verdwenen veel van deze broekbossen om plaats te maken voor intensieve landbouw. Het huidige bestand aan elzenbroekbossen op zandgronden is sterk versnipperd en verkeert in een sterk afgetakelde (verdroogde) staat (Wolf, 1992).

Uit het voorgaande blijkt dat de Nederlandse broekbossen jong zijn en dat ze zeer sterk door de mens zijn beïnvloed. Door de ingrepen in de waterhuishouding zijn de groeiplaatsomstandigheden drastisch veranderd. Behalve verdroging heeft hierdoor ook een verschuiving van natuurlijke vegetatie zones plaatsgevonden zoals het voorkomen nu van bos op vroeger boomloos hoogveen.

3. DE PROCESSEN VAN VERDROGING, EUTROFIËRING EN VERZURING

3.1. Definities

Hoewel Klap & Schmidt (1992), die het eerste rapport schreven over OBN-maatregelen in bossen, eutrofiëring en verzuring niet expliciet definiëren, kunnen aan hun publicatie wel definities worden ontleend. Eutrofiëring is de aanvoer van stoffen uit de omgeving (hoofdzakelijk vanuit de atmosfeer) naar het bos en de bodem, waardoor het bodemvruchtbaarheidsniveau wordt verhoogd. Verzuring is de aanvoer van stoffen uit de omgeving (eveneens hoofdzakelijk vanuit de atmosfeer) naar het bos en de bodem, welke stoffen hetzij reeds protonen bevatten, hetzij door omzetting in de bodem protonen leveren. In de praktijk worden deze processen niet zozeer naast elkaar beschouwd, maar zijn ze twee aspecten van het proces van atmosferische depositie en luchtverontreiniging.

Met het begrip "verdroging" ligt het iets ingewikkelder. In zijn eenvoudigste vorm luidt de definitie "verdroging = het verdrogen = het geheel droog worden". Er zijn sinds 1984 twee andere definities van verdroging in omloop gekomen. De eerste definitie is in 1984 als volgt geformuleerd (LNV, 1990 in Oranjewoud, 1993 en Beugelink, 1997). Verdroging bestaat uit: *"alle effecten van grondwaterstands daling op bos, natuur en landschap, zowel als gevolg van vochttekort als van mineralisatie van organische stof en veranderingen in de invloed van kwel en neerslag"*. De tweede definitie heeft de omslachtige formulering van een religieus of ideologisch dogma, en stamt uit 1994: *"Een gebied wordt als verdroogd aangemerkt, indien het een natuurfunctie heeft en de grondwaterstand ter plaatse onvoldoende hoog dan wel de kwel onvoldoende sterk is om de grondwaterafhankelijke ecologische waarden waarop de natuurfunctie is toegekend, te garanderen. Een gebied met een natuurfunctie wordt ook als verdroogd beschouwd als ter compensatie van een te lage grondwaterstand water van onvoldoende kwaliteit wordt ingevoerd"*.

In het commentaar op deze definitie wordt opgemerkt (Beugelink, 1997) dat "de functie natuur ... een essentieel onderdeel (is) van de definitie en dat, indien een boer te maken heeft met te lage grondwaterstanden en daardoor productieverlies lijdt, er geen sprake is van verdroging maar van droogteschade". Deze opvatting leidt tot de merkwaardige consequentie dat een bos dat een houtproductiefunctie heeft en waarin de grondwaterstand permanent is gedaald, niet zou lijden aan de gevolgen van verdroging, maar aan droogteschade. Dit onderscheid maakt deze tweede definitie van verdroging onbruikbaar voor bossen. *Verdroging* is nl. een structureel gebeuren, en wordt veroorzaakt door grondwaterdaling met een permanent karakter. *Droogteschade* daarentegen treedt in bossen, natuurterreinen en landbouwgewassen incidenteel op, bv. als gevolg van extreme droogte zoals in de zomers van 1947, 1959 en 1976. Er wordt daarom in dit rapport vastgehouden aan het uitgangspunt dat in bossen van verdroging sprake is als de grondwaterstand als gevolg van kunstmatige ingrepen permanent is verlaagd, ongeacht een al dan niet toegekende natuurfunctie aan dat bos. Slechts dan is het mogelijk om de processen die ontstaan als gevolg van verdroging cq. vernatting voor multifunctionele bossen te beschrijven en werkhypothesen te formuleren over de gevolgen van vernatting.

Beschrijvingen van eutrofiëring, verzuring en verdroging worden gegeven door Klap & Schmidt (1992) en Kemmers (1996). De processen verdroging, verzuring en eutrofiëring gaan vaak samen en beïnvloeden elkaar. Samen zorgen ze voor de achteruitgang die in veel natte bossen in Nederland voorkomt. Hieronder wordt die achteruitgang vanuit de verschillende gezichtspunten beschreven.

Zoals in het volgende wordt beschreven zijn verdroging, eutrofiëring en verzuring processen die vaak samengaan en elkaar beïnvloeden. Vernatting is bedoeld om de negatieve effecten van verdroging teniet te doen. Het is echter niet zo dat in alle gevallen bij vernatting precies de tegengestelde processen optreden als bij verdroging. Zo kan bij vernatting de eutrofiëring zowel toe- als afnemen. Specifieke processen die samenhangen met de effectgerichte maatregel vernatting worden tamelijk gedetailleerd beschreven in het hoofdstuk "Vernatting in Multifunctionele Bossen".

3.2. Verdroging

Verdroging van de vegetatie betekent in strikte zin dat de vochtspanning in het wortelmilieu zo hoog wordt dat de planten niet voldoende water kunnen opnemen om alle noodzakelijke functies te vervullen. De eerste reactie van de plant is het geheel of gedeeltelijk sluiten van de huidmondjes waardoor de verdamping, of liever gezegd de transpiratie afneemt en er dus minder water opgenomen hoeft te worden. Dit sluiten van de huidmondjes remt de groei: als er geen waterdamp naar buiten kan, kan er ook geen koolzuurgas naar binnen. In het ergste geval sterft de plant, vaak door oververhitting doordat afkoeling ten gevolge van verdamping stopt. Een dergelijke directe verdroging speelt vooral een rol in gebieden met een duidelijk droge tijd en een diepe grondwaterstand (gr.w.st.) gecombineerd met een bodem met relatief weinig beschikbaar bodemvocht.

De verdroging van natte bossen in Nederland ligt op een ander vlak. Hierbij moet niet gedacht worden aan bomen in moerassen die staan te verwelken maar vooral aan daling van de grondwaterspiegel en de indirecte processen die daarmee samenhangen. Deze daling van de grondwaterspiegel kan sterke veranderingen in de vegetatie veroorzaken, vaak in negatieve zin, zoals het verlies van zeldzame soorten en vermindering van het aantal soorten. Deze veranderingen worden vaak veroorzaakt door het geheel of gedeeltelijk wegvallen van de extreme waterverzadigde omstandigheden waarin alleen bepaalde soorten zich kunnen handhaven, en door een (door daling van de waterspiegel veroorzaakte) plotselinge toename van nutriënten. Hierdoor kan verruiging optreden, dat wil zeggen dat soorten die sterk reageren op een verhoogd N-aanbod zoals braam en brandnetel sterk gaan overheersen en andere soorten, die minder snel of minder hoog kunnen groeien, gaan verdringen.

Niet elk systeem reageert op dezelfde wijze op verdroging. In het ene geval zullen vooral directe en in het andere geval vooral indirecte effecten optreden (Kemmers en van Wirdum, 1988). Dit is afhankelijk van systeemeigenschappen zoals de voorraad organische stof, de basentoestand en de grondwatertrap in de uitgangssituatie. In grote lijnen kan voor de verschillende systemen een procesvolgorde worden aangehouden die afhankelijk is van bovengenoemde eigenschappen, als aangegeven in onderstaand schema, met tussen haakjes de relevante bostypen van Tabel 4.1 van het hoofdstuk "Indeling natte bossen".

Ecosysteemtype	bodemwater	procesvolgorde (geïnduceerd door gr.w.st. verlaging)	bostypen
nat	mineraal	1. watertekort 1. verzuring 2. N-mineralisatie 3. watertekort	(7,9,10,17,18) (23-27)
	organisch	1. N-mineralisatie 2. watertekort 1. N-mineralisatie 2. verzuring 3. watertekort	(5) (28-32)

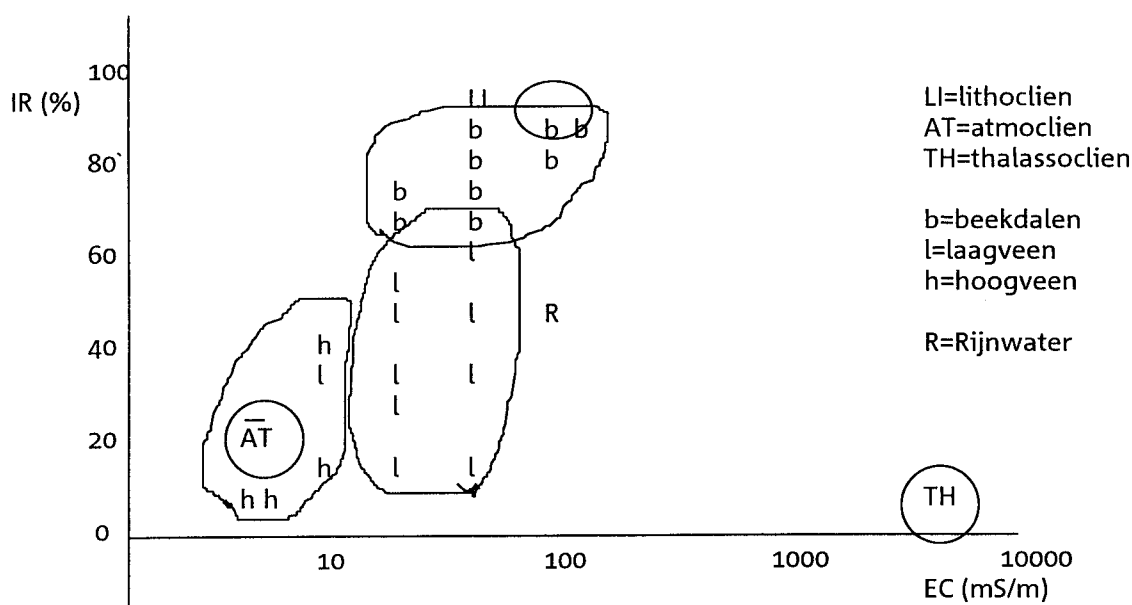
Onderscheid moet gemaakt worden tussen bossen van terrestrische milieus met minerale bodems en bossen van semi-terrestrische milieus met organische bodems op respectievelijk door regenwater (Atmo) of grondwater (Litho) gevoede standplaatsen (Kemmers, 1996, pers. med. en Kemmers, 1993c). Regenwater zelf is slechts zwak zuur, in Pleistoceen Nederland is de pH vaak 5-6 of soms nog hoger. In bodems waar atmotroof water overheerst, worden echter meestal veel lagere pH's aangetroffen. Dit wordt veroorzaakt door de lage buffercapaciteit van regenwater, gecombineerd met verzurende processen in de bodem zoals nitrificatie. Uit dit schema blijkt dat watertekort slechts in een beperkt aantal gevallen als eerste aan de orde komt en dat in de meeste gevallen verzuring en/of mineralisatie het eerst optredende proces is. Bij ernstiger vormen van grondwaterstands daling treden ook de vervolgprocessen in werking.

Watertypen ter karakterisering van water naar herkomst en ecologisch effect

Van Wirdum (1991) typeert atmotroof en lithotroof water met behulp van het elektrisch geleidingsvermogen (EC in mS/m) en de ionenratio (IR). De ionenratio is gedefinieerd als 100 *

($\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Cl})$), dus de verhouding van de calciumionen (in meq/l) in oplossing ten opzichte van de calcium- en chloride-ionen samen uitgedrukt in percentages. Regenwater bevat Cl (van de zee) maar praktisch geen Ca en heeft dus een lage ionenratio. Bij passage door de grond neemt het Cl-gehalte meestal niet toe maar het Ca-gehalte wel omdat grond en vooral dieper gelegen sedimenten meestal wel Ca en andere basische kationen maar geen Cl bevatten. Regenwater wordt atmotroof genoemd omdat het van de atmosfeer komt, grondwater wordt lithotroof genoemd omdat het in contact (geweest) is met de bodem, het substraat, het gesteente (lithos (Grieks) = steen). Het achtervoegsel 'troof' duidt op voeding en voedingstoestand. Atmotroof water wordt gevoed vanuit de atmosfeer en heeft een daarmee samenhangende voedingstoestand. Deze is in het algemeen laag in basen maar kan, door luchtverontreinigingen, hoog zijn in bijvoorbeeld N en S. Lithotroof water, gevoed vanuit het gesteente, kan een relatief hoge concentratie aan basen hebben en een hoge buffercapaciteit, afhankelijk van het gesteente en de intensiteit van het contact. Andere namen zijn atmoclien en lithoclien, waarbij de nadruk niet ligt op voedingstoestand maar op verwantschap. Een derde soort water dat wordt onderscheiden is het water dat beïnvloed is door de zee, dit water wordt thalassoclien genoemd naar het Griekse woord voor zee. Hiertoe behoort zeewater zelf en alle verdunningen daarvan, waarin de verhoudingen van de zeewatersamenstellingen nog zijn terug te vinden. In natte bossen hebben we vooral te maken met atmoclien en lithoclien water. Alleen in de Holocene broekbossen van West Nederland kan hier en daar enigszins brak (thalassoclien) water voorkomen.

In natte bossen speelt naast atmoclien en lithoclien water ook oppervlaktewater een belangrijke rol in geval van overstromingen. Oppervlaktewater heeft daarbij vaak een ander karakter dan grondwater, hoewel in principe elk oppervlaktewatersysteem geheel of gedeeltelijk gevoed wordt met toegestroomd grondwater. Door opname van stoffen die via bemesting, bekalking etc. in het oppervlakkige grondwater terecht komen, en vandaar (en ook rechtstreeks) in het oppervlaktewater, heeft oppervlaktewater vaak een hogere EC en een lagere IR dan het diepere grondwater. De samenstelling van Rijnwater wordt wel als een referentie voor 'modern' oppervlaktewater gebruikt.



Figuur 3.1. Classificatie van natuurlijke waters op basis van ionenratio (IR) en elektrisch geleidingsvermogen (EC). Naar Van Wirdum, 1980 en Clerkx et al., 1994

In Figuur 3.1 is te zien dat het grondwater in de beekdalen een samenstelling heeft die sterk lithoclien is met weinig bijmenging van regen (atmoclien) water. Hoogveenwater is sterk door regenwater beïnvloed en laagveenwater neemt een tussenpositie in. Er komen echter grote variaties in samenstelling voor. Het basistype van de laagvenen is lithotroof van karakter. Door

vorming van een regenwaterlens op de lithotrofe 'matrix' heeft het bovenste bodemwater vaak een sterk atmotroof karakter.

Geen van de waters van Figuur 3.1 benadert zeewater (TH) in samenstelling. Rijnwater is van gemengde samenstelling (lithoclien en atmoclien met kunstmatige toevoeging van zout uit de kalimijnen voor het "thalassocliene" effect).

Aan de typering van het water door Van Wirdum kleven echter ook bezwaren. De IR-verhouding is alleen zinvol te gebruiken bij water van het Chloride-type. Wanneer er sprake is van water met veel sulfaat of bicarbonaat kan deze indeling niet gebruikt worden. In feite moet de totale samenstelling bekeken worden: alle kationen en anionen en zowel de concentraties als de verhoudingen. Alle schematiseringen zijn vereenvoudigingen, bedoeld voor een snel overzicht, en slechts bruikbaar in bepaalde omstandigheden.

Door Smolders (1995) en Lamers et al. (1996) worden zogenaamde chloride-sulfaat-(bi)carbonaat diagrammen gebruikt, waarbij op elke zijde van een driehoek de relatieve hoeveelheid van een anion wordt uitgedrukt van 0 tot 100 %, zoals in een textuurdiagram met zand, silt en klei. Loodlijnen vanuit de zijden van de driehoek snijden elkaar in een punt in de driehoek dat de relatieve verhoudingen van de anionen in het watermonster weergeeft. In zo'n diagram kan het water snel getypeerd worden als chloride, sulfaat of (bi)carbonaat water, hetgeen ecologisch van groot belang kan zijn.

Ook aan deze schematisatie kleven nadelen. Deze zijn het ontbreken van de concentratie (een zelfde punt op het diagram kan een regenwatermonster voorstellen met een zeer lage concentratie als wel een verzadigde zoutoplossing) en het ontbreken van de verhouding tussen de kationen (het kan bijvoorbeeld een Na- of een Ca-water zijn).

Door verdroging geïnduceerde veranderingen

De processen die plaats vinden bij verlaging van de grondwaterstand in natte bossen zijn velerlei en vaak zeer gecompliceerd (Kemmers et al., 1995). Een deelproces dat erg belangrijk is, is de toegenomen vertering van de organische stof door een vergrote toevoer van zuurstof in de bodem. Indien de grondwaterstand daalt kan lucht de bodem binnendringen en daar aërobe processen op gang brengen waarbij organische stof, opgeslagen in de humeuze bovengrond of het veenpakket, afgebroken wordt. Hierbij verdwijnt de C als koolzuurgas naar de atmosfeer, maar de voedingselementen (N, P, K, Ca, Mg en spore-elementen) die in de organische stof zijn opgeslagen, komen in het wortelmilieu terecht. Dit plotseling verhoogde aanbod kan tot verzuuring leiden.

Het humusprofiel speelt in deze processen een centrale rol. Het humusprofiel kan gedefiniëerd worden als een toestand die de balans weergeeft tussen strooiselaanvoer en strooiselafbraak, en die wordt gekenmerkt door een karakteristieke combinatie van organische horizonten die van elkaar verschillen in verteringsgraad (Vos en Stortelder, 1988). Veranderingen in oxidatie-, trofie- en zuurgraad van de bodem beïnvloeden de strooiselafbraak hetgeen zich op middellange termijn uit in het humusprofiel. De klassieke bodemkundige informatie zoals vastgelegd in bodemkaarten, betreft vooral de eigenschappen van de minerale bodem die een veel permanenter karakter hebben. Humusprofielstudie is dan ook onmisbaar bij het onderzoek naar verdroging, eutrofiëring en verzuring van natte bossen. Een uitgebreide beschrijving van de karakterisering van de groeiplaats door middel van humusprofielonderzoek wordt gegeven in Bijlage 6.

Een ander proces dat op kan treden bij grondwaterstandsaling is het vervangen van lithoclien door atmoclien water in de wortelzone en de daarmee gepaard gaande verzuring. Lithoclien water is grondwater dat eigenschappen aangenomen heeft van doorlopen bodemlagen. In het algemeen zijn hierdoor de gehalten aan kationen (met name Ca), de buffercapaciteit en de pH toegenomen, afhankelijk van de intensiteit en duur van het contact en de samenstelling van het substraat. Passeert de grondwaterstroom een pakket met kalkhoudende leem dan zal het uittredende grondwater veel sterker gebufferd zijn dan wanneer het slechts door puur kwartszand stroomt met eenzelfde kontaktintensiteit.

De invloed van kontaktintensiteit komt tot uiting bij de vergelijking van locale en regionale kwel. Regionale kwel wordt genoemd het water dat ondergronds een lange afstand heeft afgelegd alvorens naar buiten te treden. Dit kan alleen optreden in gebieden met diepe watervoerende pakketten. Het heeft in het algemeen, in vergelijking met locale kwel die niet ver van het uittreedpunt als neerslag gevallen is, een hogere concentratie aan basische kationen, sterkere reducerende eigenschappen waardoor bijv. sulfaatconcentraties laag zijn, en een hogere buffercapaciteit. Locale kwel is meestal minder gereduceerd en bevat vaak hoge sulfaatconcentraties. In theorie kan locale kwel rijker (meer basen bevattend) zijn dan regionale kwel maar in de praktijk is regionale kwel meestal rijker door langere verblijftijd en diepere stroming waardoor de kans om mineraalrijke lagen te passeren groter is.

Vervanging van lithoclien door atmoclien water en de daarmee gepaard gaande verzuring heeft tot gevolg dat door een dalende basenbezetting het bodemleven minder actief wordt waardoor de decompositie van organische stof wordt geremd en nutriënten in de organische stof accumuleren. De nutriëntenkringloop stagneert hierdoor. Hieruit volgt dat grondwaterstandsverlaging zowel een toename (door luchttoetreding) als een afname (door verzuring als gevolg van vervanging van atmoclien door lithoclien water) van de organische stofomzetting kan veroorzaken.

Verzuring geeft dus in het algemeen een verminderde organische stofomzetting doordat het bodemleven geremd wordt. Hierdoor komen minder voedingselementen in het wortelmilieu terecht. Het milieu wordt meer oligotroof. Een uitzondering hierop komt voor indien Ca-P verbindingen in de bodem aanwezig zijn (Kemmers, 1993a). Bij verzuring kunnen deze verbindingen in oplossing gaan, waardoor het voedingselement P in grote hoeveelheden beschikbaar komt. We hebben dan te maken met een verzuring die eutrofiërend werkt in tegenstelling tot het 'normale' geval.

Grondwaterstands dalingen in kwelgebieden in die mate dat lithotroof water in het wortelmilieu volledig vervangen wordt door atmotroof water heeft praktisch altijd een zeer negatieve invloed op de gevarieerdheid van de vegetatie. Dit komt zowel door de directe invloed van het lithotrofe water als wel indirect door de verandering in de gevarieerdheid van de groeiplaats.

Behoud van ecosystemen die onder invloed staan van grondwater is van het grootste belang, omdat de meest soortenrijke en waardevolle bossen en schraallanden gevoed worden door lithoclien water. Atmotrofe gemeenschappen zijn waardevol als ze voorkomen op van nature zure/atmotrofe plaatsen in het landschap, bijvoorbeeld hoogvenen, berkenbroeken, natte heiden en droge heiden.

Water rijk aan basen en arm aan stikstof in het wortelmilieu zal resulteren in een andere vegetatie dan regenwater laag in basen en hoog in zuur en stikstof. In het algemeen is het zo dat in milieus waar gemiddelde omstandigheden heersen de variatie van de vegetatie groter is dan in extreme milieus. Op een goed gedraineerde lössgrond staat van nature een meer gevarieerd bos dan op een zandduin of in een moeras. Het valt daarom te verwachten dat een broekbos, met lithotroof water van gemiddelde samenstelling in het wortelmilieu, een meer gevarieerde vegetatie heeft dan een broekbos met sterk zuur atmotroof of extreem kalkrijk lithotroof water in het wortelmilieu. Gemiddelde samenstelling betekent in dit geval een ongeveer neutrale pH en de afwezigheid van zeer hoge en zeer lage concentraties van de normaal voorkomende elementen.

Door daling van het lithotrofe water tot onder het wortelmilieu zal de gevarieerdheid op macro- en op micro-schaal afnemen. Op macro-schaal zal de tegenstelling inzijgingsgebied-kwelgebied verdwijnen. Dat is echter niet alles. Een kwelgebied is niet eenvormig maar bevat hogere en lagere plekken, plekken met sterkere en zwakkere kwel en zelfs plekken met inzijging door micro-reliëf of door detail-ontwatering. Op micro-schaal wordt het landschappelijk patroon herhaald. In het kwelgebied hebben de hoge plekken meer zure atmotrofe en de lage plekken meer basische lithotrofe eigenschappen. Deze naast elkaar gelegen plekken met inzijging, lichte kwel en sterke kwel beïnvloeden elkaar en zorgen voor een zeer gedifferentieerd vegetatiepatroon. Bij ontwatering verdwijnt de lithotrofe component ten gunste van de atmotrofe component met als gevolg eenvormigheid.

De nieuwe vegetatie die zich ontwikkelt na ontwatering wordt in het algemeen minder gewaardeerd. Ten eerste omdat ze jonger is en nog niet volledig ontwikkeld. Ten tweede omdat

ook de uiteindelijke nieuwe vegetatie vaak niet die variatie en biodiversiteit krijgt als de oude. Dit komt door de extremere watersamenstelling (zuur, laag in basen) die in recente jaren nog extremer geworden is door de luchtvervuiling. Hierdoor is het regenwater nog zuurder geworden (door zwavelzuur en salpeterzuur), terwijl het nog meer stikstof (door NO_x van industrie en verkeer en NH_3 van de intensieve veehouderij) bevat.

Daar komt bij het zeldzaamheidsaspect. Zeker in Pleistoceen Nederland is het areaal lithotrofe ecosystemen ook zonder verdroging slechts een fractie van het atmotrofe areaal. Verdroging heeft een vergroting van het areaal atmotrofe ecosystemen tot gevolg (atmotrofiëring). Er komt daardoor meer van hetzelfde waardoor de verhouding nog ongunstiger wordt. Het streven naar biodiversiteit betekent dus vooral het redden/herstellen van lithotrofe ecosystemen omdat hiermee gradiënten in het landschap (vooral zuur-basisch) behouden blijven.

Een belangrijk aandachtspunt bij verdroging en vernatting is de vraag in hoeverre de optredende processen irreversibel zijn. Door verdroging neemt, afhankelijk van de aard van de organische stof in het humusprofiel, de mineralisatie van de organische-stof laag toe, hetgeen tot eutrofiëring leidt. Bij vernatting treedt echter niet zonder meer vastlegging van nutriënten op. Verder kunnen organische lagen bij sterke uitdroging verturven, hetgeen een irreversibel proces is. Wel kan vanuit open water opnieuw verlanding plaatsvinden. Met irreversibiliteit moet rekening gehouden worden bij het bepalen van de effectiviteit van de uit te voeren maatregelen. Deze irreversibiliteit speelt ook een rol bij het vergelijken van effectgerichte maatregelen binnen het OBN met maatregelen in het kader van het brongerichte beleid (IKC, 1995c).

Tenslotte moeten nog genoemd worden de negatieve effecten van verliezen aan organische lagen van veengronden door verdroging en oxidatie. Hierbij valt te denken aan bodemarcheologisch materiaal en aan diaspora's die onder gereduceerde omstandigheden geconserveerd zijn. Door oxidatie kan het bodemarcheologisch materiaal aangetast worden, en kunnen de diaspora's vernietigd worden, waardoor regeneratiemogelijkheden verloren gaan.

3.3. Eutrofiëring

Eutrofiëring van een groeiplaats is de toename van de beschikbaarheid ter plaatse van voedingsionen boven het natuurlijke (of bestaande) niveau. Deze toename kan het gevolg zijn van addities van buiten, bijvoorbeeld N-depositie. Dit kan externe eutrofiëring genoemd worden. Interne eutrofiëring treedt op indien de beschikbaarheid aan voedingsionen in het wortelmilieu toeneemt zonder externe toevoegingen, maar door processen in het bodemprofiel. Hierbij moet men denken aan (versnelde) omzettingen in het profiel waardoor voedingsionen vrijkomen uit organische stof of uit slecht oplosbare verbindingen.

Algemeen heerst de opvatting dat in gereduceerde bodems de beschikbaarheid van voedingsstoffen gering is omdat er weinig organisch materiaal wordt omgezet. Verruiging treedt op bij grondwaterstandsval omdat dan door toegenomen zuurstoftoetreding meer organische stof verteert (afhankelijk van de aard van de organische stof) waardoor de voedingselementen die in de organische stof opgesloten zitten, vrijkomen. Hiervan profiteren vooral snelle groeiers als brandnetel en braam waarbij tegelijkertijd langzame groeiers, waaronder zeldzame planten, verdrongen worden.

Interne eutrofiëring is inderdaad vaak het gevolg van verdroging. Dit is vooral het geval indien veel en gemakkelijk verteerbare organische stof aanwezig is zoals bij veengronden op voedsel- en basenrijke groeiplaatsen (*Alnion glutinosae*, associaties 28-32, Tabel 4.1). Deze interne eutrofiëring is geen verrijking van de groeiplaats, slechts een transport van voedingselementen van minder beschikbare naar meer toegankelijke of oplosbare vormen. Hierbij kunnen wel tijdelijk goede groeiomstandigheden voor bijvoorbeeld elzen optreden. Clerx et al. (1994) stellen dat de hoogste groeicijfers voor elzenbossen gevonden zijn op verdroogde locaties. Doordat hierbij gemakkelijk uitspoelingsverliezen kunnen optreden, resulteert zulke eutrofiëring op lange termijn meestal in een vermindering van de totale hoeveelheid voedingselementen van het bodemprofiel omdat de hoeveelheid organische stof (de veendikte, het nutriëntenkapitaal) afneemt.

Verdroging leidt niet alleen vaak tot eutrofiëring maar meestal ook tot verzuring. Wanneer in door grondwater gevoede systemen de basenrijke kwel vermindert door grondwaterstandsaling, treedt verzuring op door de vervanging van lithotroof door atmotroof water, en door de bij oxidatie optredende zuurvormende reacties (zie hoofdstuk Verzuring).

Interne eutrofiëring kan onder bepaalde omstandigheden ook plaatsvinden bij vernatting, bij het verhogen van de waterstand in aanwezigheid van bicarbonaat- en sulfaatrijk grond- en/of oppervlaktewater (Jansen & Roelofs, in press). Door de oxidatie van organische stof in afwezigheid van zuurstof daalt de redoxpotentiaal. In natte zure bodems is de microbiële afbraak van organisch materiaal langzamer dan in natte bodems in contact met alkalische (bicarbonaatrijke) wateren. Dit komt omdat organische zuren die vrijkomen bij de afbraak, vaak remmend werken op verdere afbraak, waardoor er een stapeling van organisch materiaal kan optreden (veenvorming). Wanneer nu vernatting met alkalisch grond- of oppervlaktewater optreedt, worden deze zuren geneutraliseerd. De afbraaksnelheid neemt dan toe en er komen meer nutriënten beschikbaar. Hierdoor daalt de redoxpotentiaal, waarbij (slecht oplosbare) ijzer(III)fosfaten gereduceerd worden tot ijzer(II)- en fosfaationen in oplossing. Hierdoor kan de P-concentratie flink stijgen (interne eutrofiëring bij vernatting).

Hebben we te maken met inlaatwater dat bovendien verhoogde concentraties aan sulfaat bevat, dan wordt het proces van interne eutrofiëring versneld. Dit hangt samen met de microbiële reductie van sulfaat onder gereduceerde omstandigheden. Als andere (betere) elektronenacceptoren zoals zuurstof en nitraat uitgeput raken, wordt sulfaat tot sulfide gereduceerd en kan de microbiële afbraak van organische stof voortgaan. Het gevormde sulfide is echter giftig voor een groot aantal planten en bindt zich sterk aan gereduceerd ijzer, waardoor de voor de planten beschikbare ijzervoorraad op lange termijn uitgeput raakt en de vegetatie te maken kan krijgen met ijzerdeficiëntie. Daarom is de aanvoer van ijzerrijke kwel bijzonder belangrijk. Verder is het in dit soort omstandigheden juist van belang dat er nitraat aanwezig is; dit verhindert de vorming van sulfide (Boxman, 1996, pers. med).

Het eutrofiëringseffect van vernatting uit zich niet alleen in een verhoogde P-beschikbaarheid, ook de N-beschikbaarheid kan toenemen door de ten gevolge van de alkalisatie verbeterde condities voor microbiële afbraak in zure bodems. Door extra afbraak van organische stof komt extra N beschikbaar. Echter in verdroogde situaties met sterk gehumificeerd veen zijn weinig labiele organische-stofcomponenten aanwezig. In zo'n situatie verloopt het oxidatieproces bij vernatting slechts moeizaam, waardoor dan een daling van de redoxpotentiaal achterwege blijft en de P- (en N-)beschikbaarheid niet toenemen (Grootjans, 1985; Kemmers, 1996a).

De fosfaathuishouding in natte bossen is zeer gecompliceerd. Zoals gezien kan vernatting tot vergroting van de fosfaatbeschikbaarheid leiden. Bij verdroging kan de fosfaatbeschikbaarheid zowel toe- als afnemen. Veel door grondwater gevoede systemen zijn fosfaatgelimiteerd, vanwege het voor planten onoplosbare neerslag dat fosfaat vormt met het door kwel aangevoerde ijzer. Onvoldoende aanvoer van ijzerrijk grondwater kan daarom leiden tot eutrofiëring doordat fosfaat niet meer wordt weggevangen.

In veel van oorsprong door grondwater gevoede systemen wordt momenteel, na grondwaterstandsaling, ter compensatie (sulfaat- en carbonaatrijk) oppervlaktewater aangevoerd. Dit is veelal rijk aan voedingsstoffen. Bovendien leidt de vorming van ijzersulfidenverbindingen in de (onderwater)bodem en de stimulering van de mineralisatie door toename van de alkaliniteit, tot het vrijkomen van fosfaat en tot extra eutrofiëeringsverschijnselen. Bij een latere oxidatie van de ijzersulfiden kan een zeer ernstige verzuring optreden.

Het inlaten van gebiedsvreemd oppervlaktewater is een middel dat vaak erger is dan de kwaal. Dit wijst des te meer op de noodzaak tot herstel van de oorspronkelijke hydrologie en daarmee tot een zuiniger omgaan met ons grondwater (Brouwer en Lamers, 1996).

Uit het voorgaande volgt dat eutrofiëring zowel bij verdroging als bij vernatting kan optreden. Bij maatregelen en monitoring moet aan deze conflicterende mogelijkheden aandacht worden geschonken.

Samenvattend zijn de volgende eutrofiëeringsmogelijkheden te onderscheiden:

- Externe eutrofiëring door atmosferische depositie
- Externe eutrofiëring door het inlaten van gebiedsvreemd eutroof water
- Interne eutrofiëring door aerobe oxidatie ten gevolge van verdroging
- Interne eutrofiëring door anaerobe oxidatie gevolge van vernatting en pH-verhoging
- Interne eutrofiëring met P door vermindering kwelaanvoer van Fe.

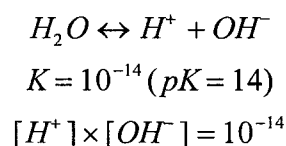
3.4. Verzuring

Onder verzuring wordt meestal verstaan de toename van de concentratie aan waterstofionen in het wortelmilieu. Door verzuring neemt de zuurgraad toe, de pH neemt af. Verzuring kan ook gezien worden als het verlies aan basische kationen, ofwel de afname van de zuurneutraliserende capaciteit van het bodemprofiel (ANC, naar het engels: acid neutralizing capacity). Hierbij kan de pH een tijd lang gelijk blijven, maar bij doorgaande verzuring zal de pH uiteindelijk moeten dalen. We hebben hier dus te maken met een voorraad (ANC) en met een concentratie (pH). Een ander aspect is de oorzaak. Verzuring kan veroorzaakt worden door externe factoren en door processen die zich in het bodemprofiel afspelen. Deze aspecten (voorraad, concentratie, en het feit of de oorzaak intern of extern is) spelen ook bij eutrofiëring een rol.

Voor een systematische beschrijving van de verzuring moeten we onderscheid maken tussen de verzuring die optreedt in een “steady state situation” en de verzuring die optreedt wanneer de hydrologische toestand van de bodem verandert zoals bij een grondwaterstandsverlaging. Bij de “steady state situation” kunnen we dan nog onderscheid maken tussen verzuring die optreedt met en zonder luchtverontreiniging. De volgende gevallen kunnen dus onderscheiden worden: 1) verzuring veroorzaakt door externe factoren en 2) verzuring door interne processen bij een gelijkblijvende hydrologie; en 3) verzuring door interne processen ten gevolge van veranderingen in de hydrologie.

De verzuring door externe oorzaken, door input van verzurende stoffen vanuit de atmosfeer, zowel natuurlijke als door de mens veroorzaakte (zure depositie), is goed beschreven door een aantal auteurs. Een recent standaard werk is het proefschrift van De Vries (1994). Dit werk is als basis genomen voor de volgende korte beschrijving van de verzuringsprocessen. Eerst worden de processen beschreven die optreden in de zgn. “steady state situation” bij interne en externe verzuring en vervolgens de processen die optreden bij verandering van de externe omstandigheden (bijv. grondwaterstandsvaling).

De basis van alle zuur-base reacties is het water evenwicht:



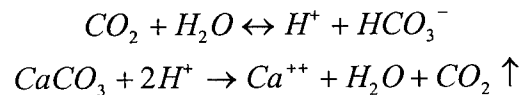
K is de dissociatieconstante. Concentraties ([.....]) worden uitgedrukt in mol/l. In een neutrale (bodem)oplossing is evenveel H^+ als OH^- aanwezig: $pH=pOH=7$. Neemt de hoeveelheid H^+ toe (pH daalt) dan neemt de hoeveelheid OH^- af. Er zijn allerlei reacties in de bodem die het waterevenwicht beïnvloeden. Een voorbeeld is de opname van kationen door de plant. Hierbij wisselt de plantenwortel een waterstofion (proton) uit voor een kation, waardoor de waterstofionenconcentratie in het wortelmilieu toeneemt, er treedt verzuring op, de pH daalt. Het omgekeerde geldt voor de opname van anionen, die worden uitgewisseld tegen OH^- , waardoor de pH stijgt. Verwijdering van kationen leidt dus tot verzuring terwijl verwijdering van anionen een basische reactie geeft (direct of latent).

Anionen spelen een speciale rol bij verzuring omdat ze bij percolatie uit het profiel kationen meenemen ter handhaving van de electroneutraliteit. Hierdoor daalt de hoeveelheid basen, en dus neemt de zuurneutraliserende capaciteit van het profiel (ANC) af. Komen de anionen het profiel binnen vergezeld van basische kationen en verlaten ze zo ook weer het profiel dan is er geen probleem. De anionen zelf (behalve OH^-) zijn niet zuur of basisch. Verzuring treedt op indien

anionen vanuit de atmosfeer binnenkomen, terwijl ze niet vergezeld zijn van basische kationen, en wanneer ze binnen het profiel ontstaan.

De anionen: HCO_3^- , NO_3^- en SO_4^{2-} komen binnen vanuit de atmosfeer in hun gasfasen: CO_2 , NO_x en SO_2 (dus niet vergezeld van basische kationen) en leveren waterstofionen bij oplossing in water. Dit veroorzaakt directe verzuring, de pH daalt. Bij anionen die binnen het profiel ontstaan moet men denken aan organische zuren, reactieproducten van organische-stofomzettingen. Deze zuren kunnen dissociëren, een proton afstaan, en zich tezamen met basische kationen verplaatsen en uitspoelen, en zo een verzurende werking uitoefenen.

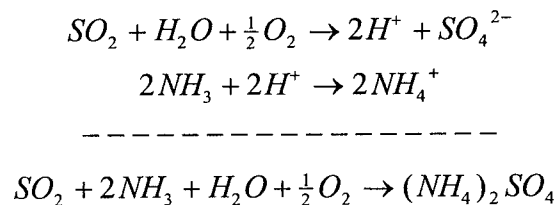
Een voorbeeld van verzuring door externe oorzaken is de ontkalking die optreedt in kalkhoudende gronden door koolzuurgas uit de lucht:



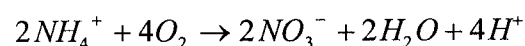
Treedt er nu percolatie op door het profiel dan verdwijnt water met calcium- en bicarbonaationen. In dit geval treedt geen acute verzuring op omdat de waterstofionen gebufferd worden, wel treedt er latente verzuring op want het bufferend vermogen van de grond (de zuurneutraliserende capaciteit, de ANC) neemt af, kalk wordt verbruikt. Deze reactie treedt slechts op bij hoge pH. Bij zure gronden is de waterstofionenconcentratie zo hoog dat het evenwicht van de dissociatiereactie van koolzuurgas geheel links ligt. In dat geval is koolzuurgas nauwelijks verzurend omdat zeer weinig protonen worden gevormd.

De verzuring die, bij gelijkblijvende hydrologie (steady state), optreedt in het profiel bij afwezigheid van luchtverontreiniging is praktisch volledig het gevolg van de percolatie van bicarbonaat (HCO_3^-) en van de anionen van organische zuren (RCOO^-), vergezeld van basen. Bicarbonaat in het geval van neutrale en basische gronden en organische zuurresten in het geval van zure gronden. Hierbij treedt vaak complexering op, de vorming van complexen (chelaten) van metaalionen (vooral van Al en Fe) en organische anionen. Deze (langzame) verzuring kan zich bijvoorbeeld uiten in een geleidelijke verdieping van de uitspoelingshorizont (E) van een podzol, arm aan kationen en aan Al en Fe. Deze export van basen betekent een afname van de zuurneutraliserende capaciteit (ANC) van de bodem. Hierbij neemt de bovengrond een evenwichtszuurgraad aan. In de goed gedraineerde bossen op zandgrond in Nederland in natuurlijke toestand zal deze in de buurt van de pH- H_2O waarde 4 zijn. Door additionele door de mens veroorzaakte verzuring (natte en droge zure depositie) daalt de pH vaak verder tot waarden rond 3.5.

Bij luchtverontreiniging in de vorm van verzurende stoffen zoals zwavel- en stikstofoxiden en ammoniak kan een verdergaande verzuring van de standplaats (de bodem) optreden. Deze wordt veroorzaakt door de directe input van waterstofionen vanuit de atmosfeer én door de toegenomen percolatie van anionen. Laten we aannemen dat de luchtverontreiniging bestaat uit ammoniak en zwaveldioxide. Dan kunnen de volgende reacties optreden.



Uit bovenstaande formules blijkt dat influx van zwaveldioxide een directe verzuring veroorzaakt maar dat ammoniak basisch werkt. Influx van de combinatie in de vorm van ammoniumsulfaat is neutraal in eerste instantie. De verzuring treedt pas op bij de oxidatie van het ammoniumion:



Influx van 1 mol zwaveldioxide en 2 mol ammoniak resulteert dus in een verzuring met 4 mol waterstofionen. Hiervan komen er 2 van de oxidatie van zwaveldioxide naar sulfaat en 2 van de omzetting van ammoniak naar nitraat. Sulfaat zelf heeft geen effect op de verzuring omdat de influx van sulfaat gelijk is aan de efflux.

Om nu de verzuring te berekenen uit de atmosferische depositie kan men, behalve door analyse van de veelheid aan reacties die zich in de bodem afspelen, de verzuring ook berekenen uit het budget, door alleen maar te kijken naar de influx in en de efflux uit het profiel.

De actuele verzuring is dan:

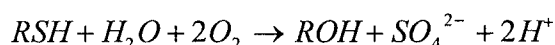
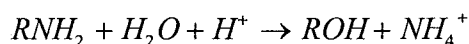
$$H_{prod} = HCO_3^- (uit - in) + A_{(uit - in)} + H^+ (in - uit) + NH_4^+ (in - uit) + NO_3^- (uit - in) + SO_4^{2-} (uit - in)$$

De 2 eerste termen geven de natuurlijke verzuring met bicarbonaat en organische zuren aan en de 3e tot 6e term de verzuring ten gevolge van zure atmosferische depositie. In ons voorbeeld hebben we influx van ammoniumsulfaat en worden de 4e term (NH_4^+) en de 5e term (NO_3^-) beide 2 voor een totale zuurproductie van 4 mol uit atmosferische depositie. Men kan ook zeggen de influx is als het neutrale ammoniak (en niet als het zure ammonia) tesamen met SO_2 , maar dan wordt de 4e term 0 (geen ammonia komt binnen) en de 6e term 2 (geen sulfaat in, wel uit). Men mag een bepaalde zuurproductie natuurlijk maar 1 keer rekenen.

Uit de formule blijkt ook dat alleen de 3e (H) en 4e term (NH_4) direct zuur reageren. De anionen zijn in feite zuur-indifferent, zij dragen alleen bij aan de verzuring indien de uitstroom (met vergezeld basische kationen) groter is dan de instroom.

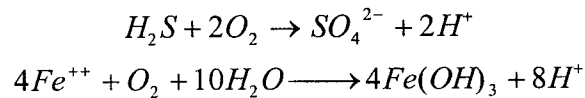
In het bovenstaande hebben we de actuele verzuring besproken, zich al dan niet uitende in een pH-verlaging, maar in ieder geval in een verlaging van de zuur (acid) neutraliserende capaciteit, de ANC. Daarnaast kan een potentiële verzuring onderscheiden worden. Deze treedt op indien er een accumulatie van (zure) componenten in de bodem optreedt, een ophoping van zwavel en/of stikstofverbindingen die bij latere mineralisatie en uitspoeling verzuring kunnen veroorzaken. De som van deze zure componenten kan men de base-neutraliserende capaciteit (BNC) noemen. Potentiële verzuring is dan een toename van de BNC. Deze treedt bijvoorbeeld op in kustmoerassen waar pyriet (FeS_2) zich ophoopt, maar is ook belangrijk in natte bossen en andere natte ecosystemen waar een ophoping van organisch materiaal (veenvorming) plaatsvindt. In dit organisch materiaal kunnen grote hoeveelheden N en S opgeslagen zijn. Wanneer deze onder bepaalde omstandigheden (bijv. verstoring) versneld vrijkomen kan dat ernstige verzuring geven, zoals in het voorbeeld hieronder. Je zou hier kunnen spreken van tijdbommen van zuur die liggen te wachten op zuurstof om tot ontploffing te komen.

Veranderingen in de bodem, zoals grondwaterstandsalingen, kunnen leiden tot verzuring. Dit is een interne verzuring, veroorzaakt door processen die zich in het profiel afspelen, niet door influx van verzurende stoffen. (Deze interne verzuring moet niet verward worden met de (langzame) interne verzuring door percolatie van organische zuren in de "steady state situation" zoals de vorming van een podzol onder natuurlijke omstandigheden). Bij de plotselinge interne verzuring ten gevolge van bijv. grondwaterstandsaling komen opgeslagen stikstof en zwavelverbindingen vrij bij oxidatie van organische stof (veen) als volgt.



In deze formule staat R voor een organische verbinding (C-keten), de drager van de actieve groep ($-NH_2$ of $-SH$). Door oxidatie van 1 mol organisch N en S komt respectievelijk 1 en 2 mol zuur vrij. Dit zuur maakt de basen los waarmee het nitraat en sulfaat uitspoelen.

Ook een aantal andere oxidatieve reacties, die kunnen optreden bij toetreding van lucht in gereduceerde lagen, kunnen protonen produceren. Voorbeelden hiervan zijn de oxidatie van sulfiden (FeS en H_2S) en van gereduceerde ijzerverbindingen, die vaak in zulke lagen voorkomen.



In de Nederlandse natte bossen die onderhevig zijn aan grondwaterstandsaling zullen in veel gevallen meer verzuringsfactoren tegelijkertijd werken. Behalve de genoemde interne verzuring bij oxidatie vindt er tegelijkertijd toevoer van verzurende stoffen uit de atmosfeer plaats. Tenslotte vermindert in veel gevallen ook nog de toevoer van grondwater met bufferende eigenschappen.

Het Nederlandse klimaat met zijn neerslagoverschot zorgt voor toevoer van koolzuurhoudend regenwater en afvoer van basische componenten door uitspoeling, in alle bodemprofielen waarin een neerwaartse waterstroming overheerst. Al deze min of meer goed gedraineerde gronden zijn dus onderworpen aan verzuring, met uiteindelijke pH- H_2O waarden van 4 of lager.

Op plaatsen waar basenrijk grondwater aan de oppervlakte komt, kunnen in Nederland neutrale pH-waarden gehandhaafd blijven. Dit is het geval in veel elzenbroekbossen, maar ook daar komen meestal licht zure omstandigheden voor door de invloed van regenwater in de bovengrond. Verder kunnen neutrale tot basische reacties optreden in uiterwaarden en kwelders die regelmatig overstromen (bijv. ooibossen), in jonge duinen en in jonge alluviale, fluviatiele, lacustriene en marine sedimenten. Worden deze echter buiten bereik van het overstromingswater gebracht en gedraineerd waardoor uitspoeling mogelijk wordt dan begint de verzuring. In eerste instantie gebufferd door kalk, waardoor de pH constant blijft, terwijl het kalkgehalte langzaam afneemt. Tenslotte, na enkele eeuwen, is de kalk opgebruikt en zal de pH zelf ook gaan dalen. In duinen van toenemende ouderdom kan men dit verschijnsel goed waarnemen: de bodemvorming neemt toe, de kalkgrens wordt dieper en de vegetatie verandert.

Uit het voorgaande volgt dat het handhaven van de invloed van basenrijk grondwater in de wortelzone het beste wapen tegen verzuring is. Dit is des te belangrijker omdat zulke gebieden schaars zijn ten opzichte van gebieden met inzijging en door grondwaterstandsalingen nog schaarser geworden zijn.

4. INDELING NATTE BOSSEN

4.1. Inleiding en overzicht van de bestaande indelingen

Natte bossen in Nederland kunnen verdeeld worden in broekbossen, vloedbossen (=ooibossen) en een aantal natte varianten van “droge” bostypen, overgangen tussen natte en droge bossen, bijv. het Vochtig Berken-Zomereikenbos (Tabel 4.1). Zowel broekbossen als vloedbossen zijn in ons land azonaal, dat wil zeggen dat ze beperkt zijn tot extreme groeiplaatsen (zie hoofdstuk Zonaliteit). Het extreme van de groeiplaats in dit geval is de waterhuishouding. De wortelzone is gedurende een belangrijk deel van het jaar verzadigd met water.

Slechts een beperkt aantal soorten is in staat om de extreme condities van waterverzadiging, met het daarmee gepaard gaande zuurstofgebrek in de wortelzone, te weerstaan. Deze planten hebben speciale aanpassingen om de zuurstofvoorziening van hun wortels te waarborgen. Deze aanpassingen kosten energie, hetgeen een negatief effect heeft op de groei. Mede daarom hebben deze soorten minder concurrentiekracht op droge standplaatsen. De soortensamenstelling in natte bossen verschilt daarom sterk van die in droge bossen. Het aantal boomsoorten is gering, maar de struik-, de kruid- en de moslaag kunnen vrij soortenrijk zijn, met bijzondere soorten die groeiplaatsspecifiek zijn wegens hun tolerantie tegen waterverzadiging, waardoor de natuurwaarde van deze vegetaties meestal hoog is.

Broekbos is een verzamelnaam voor ecosystemen waarin de vegetatie min of meer permanent onder invloed van het grondwater staat en waarin de zwarte els (*Alnus glutinosa*) of de zachte berk (*Betula pubescens*) de boomlaag vormen (soms ook de es (*Fraxinus excelsior*)). Ook de bronbossen, hoewel enigszins afwijkend, kunnen tot de broekbossen gerekend worden.

Vloedbossen komen voor langs rivieren in een dynamisch milieu met frequente overstromingen. Hierin is de wilg (*Salix sp.*) de belangrijkste boom.

Uit de literatuur zijn 2 belangrijke classificatiesystemen voor natte bossen bekend, nl. die van Van der Werf (1991) en die van Clerkx et al. (1994). Ze zullen hieronder beide in het kort worden behandeld. De indeling van Van der Werf omvat alle Nederlandse bostypen en geeft goed de plaats van de natte bossen binnen de Nederlandse bossen weer en de landschappelijke relaties tussen de bostypen. De indeling van Clerkx et al. is specifiek gericht op de broekbossen en geeft daarvan een veel gedetailleerder indeling. Beide systemen vullen elkaar op een goede manier aan.

4.2. Indeling van de bosgemeenschappen volgens Van der Werf (1991)

4.2.1. Bostypen of associaties

Van der Werf (1991) onderscheidt 33 bosgemeenschappen in Nederland, voorkomend op standplaatsen die variëren van zeer nat tot zeer droog en van zeer voedselrijk tot zeer voedselarm (Tabel 4.1). (zie volgende pagina).

Tabel 4.1. Overzicht van de in Nederland onderscheiden bosgemeenschappen en hun hiërarchische rangschikking (Van der Werf, 1991)

Associatie	Onderverbond	Verbond	Klasse
1. Korstmos-dennenbos (Cladonio-Pinetum)		Dennenverbond (Dicrano-Pinion)	Klasse der Naaldbossen
2. Kussentjes-dennebos (Leucobryon-Pinetum)			(Vaccinio-Piceetea)
3. Kraaihei-dennenbos (Empetro-Pinetum)			
4. Kraaihei-Berkenbos (Empetro-Betuletum)		Berkenbroekverbond (Betulion pubescentis)	
5. Berkenbroek (Periclymenon-Betuletum pubescentis)			
6. Berken-Zomereikenbos (Betulo-Quercetum roboris)		Verbond van Zomer- en Wintereik (Quercion robori-petraeae)	Klasse der voedselarme Eiken- en Beukenbossen (Quercetea robori-petraeae)
7. Idem, vochtig (B-Q molinietosum)			
8. Wintereiken-Beukenbos (Fago-Quercetum petraeae)			
9. Idem, vochtig (F-Q molinietosum)			
10. Elzen-Eikenbos (Lysimachio-Quercetum)			
11. Duin-Eikenbos (Convallario-Quercetum)			
12. Veldbies-Beukenbos (Luzulo-Fagetum)		Veldbies-Beukenverbond (Luzulo-Fagion)	
13. Gierstgras-Beukenbos (Milio-Fagetum)		Verbond der voedselrijke Beukenbossen (Eu-Fagion)	Klasse der voedselrijke Eiken- en Beukenbossen (Querco-Fagetea)
14. Parelgras-Beukenbos (Melico-Fagetum)		Verbond der ravijnbossen (Tilio-Acerion)	
15. Kalk-Beukenbos (Carici-Fagetum)		Verbond der kalkbeukenbossen (Cephalanthero-Fagion)	
16. Esdoorn-Essenbos (Aceri-Fraxinetum)			

17. Eiken-Haagbeukenbos (Stellario-Carpinetum)	Haagbeukenverbond (Carpinion betuli)	
18. Idem, Kamperfoelierijk (S-C periclymenetosum)		
19. Duin-Berkenbos (Crataego-Betuletum)	Elzen-Vogelkersverbond (Alno-Padion)	
20. Abelen-lepenbos (Viola odoratae-Ulmetum)		
21. (Droog) Essen-lepenbos (Fraxino-Ulmetum)		
22. Idem, Elzenrijk (F-U alnetosum)		
23. Vogelkers-Essenbos (Pruno-Fraxinetum)		
24. Bosmuur-Elzenbos (Stellario-Alnetum)		
25. Elzenbronbos (Chrysosplenio-Alnetum)		
26. Essenbronbos (Carici remotae-Fraxinetum)		
27. Ruigt-Elzenbos (Filipendulo-Alnetum)		
28. Kalk-Elzenbroek (Cirsio-Alnetum)	Elzenverbond (Alnion glutinosae)	Klasse der Elzenbroekbossen (Alnetea glutinosae)
29. Gewoon Elzenbroek of Elzenzegge-Elzenbroek (Carici elongatae-Alnetum)		
30. Moerasvaren-Elzenbroek (Thelypterido-Alnetum)		
31. Elzen-Berkenbroek (Alno-Betuletum)		
32. Koningsvaren-Elzenbroek (Carici laevigatae-Alnetum)		
33. Schietwilgenbos (Salicetum albae)	Wilgenverbond (Salicion albae)	Klasse der Wilgenbossen (Salicetea purpureae)

De Nederlandse bossen worden verdeeld over vijf klassen waarbij de laatste twee klassen uitsluitend uit natte bossen bestaan, namelijk de Klasse der Elzenbroekbossen en de Klasse der Wilgenbossen. De andere drie Klassen bestaan uit zowel droge als natte bosassociaties. Hierbij valt het Berkenbroek vreemd genoeg onder de Klasse der Naaldbossen via het Berkenbroekverbond. De grootste klassen zijn die van de Eiken- en Beukenbossen hetgeen niet verwonderlijk is aangezien eiken en beuken op de zonale groeiplaatsen in Nederland een zeer sterke positie innemen (zie hoofdstuk Zonaliteit).

De vijf klassen worden onderverdeeld in 11 verbonden welke weer worden onderverdeeld in 33 associaties. Alleen bij het Elzen-Vogelkersverbond worden nog twee onderverbonden onderscheiden tussen de niveaus van verbond en associatie.

Natte bossen kunnen niet geïsoleerd bestudeerd worden. In het landschap komen ze voor op plaatsen die vanuit andere plaatsen beïnvloed worden. Deze beïnvloeding geschiedt voor een belangrijk deel via grondwaterstromingen tussen infiltratie- en kwelgebieden. De grondwatersamenstelling wordt bepaald door de samenstelling van de bodemlagen die door het water gepasseerd worden en door de intensiteit en de duur van het contact (zie hoofdstuk Processen: Verdroging). Natte bossen aan de voet van een helling waar grondwater als kwelwater aan de oppervlakte komt kunnen zo indirect beïnvloed worden door de bovenliggende bodems en vegetaties. Ook is er een meer directe beïnvloeding mogelijk, vooral bij steile hellingen, door transport van erosiemateriaal over het oppervlak.

4.2.2. Groepering van Associaties in Verbonden en Klassen en hun kenmerken

In Tabel 4.2 worden de groeiplaatskenmerken van de klassen en verbonden met enkele woorden getypeerd waardoor de samenhang en de logische opbouw van de indeling duidelijk wordt. De bijbehorende bostypen (associaties) worden genoemd in de rechter kolom.

Tabel 4.2. Overzicht van klassen en verbonden met hun groeiplaatskenmerken
(bron: Van der Werf, 1991)

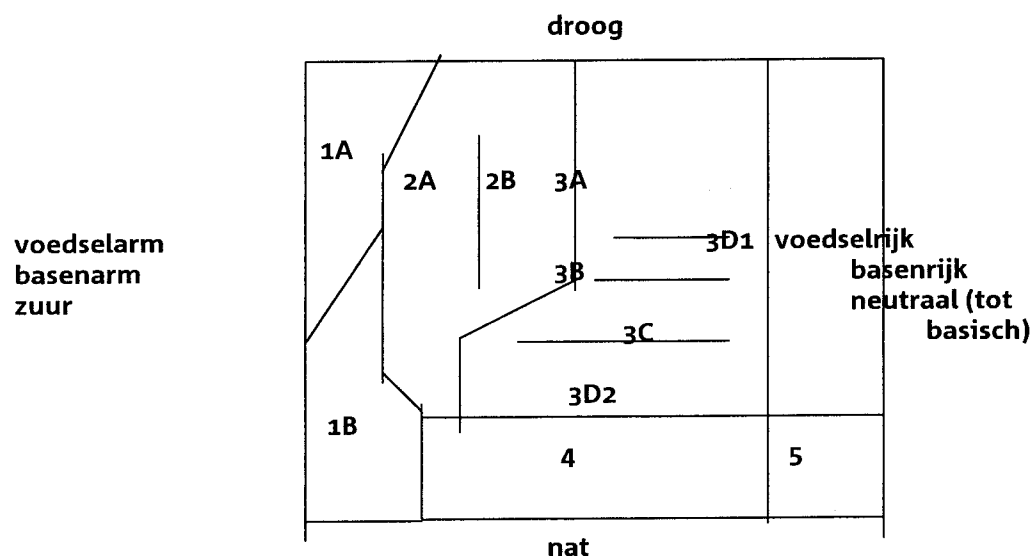
Klassen en verbonden	Kenmerken	Bostypen
1. Klasse der naaldbossen	Extreem arm	
1A. Dennenverbond	Extreem tot matig droog humusarm zand	1-3
1B. Berkenbroekverbond	Matig droge duinvalleien tot zeer nat hoogveen	4-5
2. Klasse der voedselarme Eiken- en Beukenbossen		
2A. Verbond van Zomer- en Wintereik	Voedselarme zandgronden van het laagland	6-11
2B. Veldbies-Beukenverbond	Submontane lemige zandgronden en arme lemen	12
3. Klasse der voedselrijke Eiken- en Beukenbossen		
3A. Verbond van voedselrijke Beukenbossen	Voedselrijke droge leem- en kalkbodems van laagland tot middelgebergte	13-15
3B. Verbond der ravijnbossen	Submontaan, beschut, hoge luchtvochtigheid	16
3C. Haagbeukenverbond	Leem en oude kleibodems met pseudogley	17-18
3D. Elzen-Vogelkersverbond	Jonge, rijke bodems	
3D1. Onderverbond der lepenrijke Eiken-Essenbossen	Droge tot vochtige bossen	19-22
3D2. Onderverbond der vochtige Elzen-Essenbossen	Zeer vochtige tot natte bossen, vaak met bewegend water	23-27

4. Klasse der Elzenbroekbossen	Nat, stagnerend tot zwak bewegend grondwater	
4A. Elzenverbond	Matig arm tot rijk	28-32
5. Klasse der Wilgenbossen	Vochtig tot nat, periodiek overstroomd	
5A. Wilgenverbond	Rivierbegeleidend	33

Bij de indeling van Van der Werf wordt de groeiplaats als uitgangspunt genomen. Een bepaalde groeiplaats resulteert op den duur in een bepaalde vegetatie, de PNV, de potentiële natuurlijke vegetatie. De hier gegeven associaties zijn PNV's. Het gaat er niet om wat er staat op een bepaalde plaats maar wat er zou kunnen staan. Op een goed gedraineerde lössgrond kan een douglasbos staan, maar omdat bij deze groeiplaats het Gierstgras-Beukenbos hoort wordt de groeiplaats daarbij ingedeeld. Voor de Nederlandse bossen die zeer sterk door de mens beïnvloed zijn, kan deze "natuurlijke" indeling wel eens wat kunstmatig aandoen. Denk alleen maar eens hoe lang het zou duren voordat het genoemde douglasbos zonder menselijke ingrepen veranderd zou zijn in een Gierstgras-Beukenbos met alle bijbehorende soorten in de struik-, kruid- en moslaag.

Op een bepaalde groeiplaats kunnen een aantal vegetatietypen voorkomen die onderdeel zijn van een reeks op elkaar volgende verschijningsvormen die uiteindelijk uitmondt in de Potentieel Natuurlijke Vegetatie. De PNV is dus het vegetatietype dat bij een ongestoorde, spontane ontwikkeling aan het einde van zo'n reeks ontstaat. Zo'n ontwikkeling kan decennia tot eeuwen in beslag nemen. De naam van de PNV wordt tevens gebruikt als naam voor de gehele reeks, dus inclusief de vroegere ontwikkelingsstadia en degeneratiestadia. Door de sterke ingrepen door de mens bezitten de Nederlandse bossen maar zeer weinig kenmerken van de PNV: 99% is qua soortensamenstelling en structuur niet representatief voor een natuurlijke bosgemeenschap. Stukken bos die op grond van hun botanische kwaliteit beschouwd kunnen worden als de beste voorbeelden van de natuurlijke bosgemeenschappen worden aangeduid als A-locaties bos (Van der Jagt, 1996). Deze bossen worden intensief bestudeerd en hebben een belangrijke referentie- en voorbeeldfunctie. Ze spelen een grote rol bij het streven naar natuurlijker bossen in Nederland. De A-locaties van de natte bosassociaties worden gegeven in Bijlage 7.

De samenhang tussen de verschillende groepen van associaties en hun plaats in het nat-droog en arm-rijk spectrum is gegeven in het ecogram van Figuur 4.1. Hierin is de gehele ecologische ruimte weergegeven waarin de (Nederlandse) bossen kunnen groeien. Erboven is het te droog, zoals in geëxponeerde kustduinen, eronder is het te nat, zoals in natte venen.



Figuur 4.1. Ecogram van klassen en verbonden uit Tabel 4.2 (bron: Van der Werf, 1991)

Uit het ecogram valt af te lezen dat in grote lijnen de indeling van Van der Werf gaat van droge voedselarme omstandigheden in de linker bovenhoek tot natte voedselrijke omstandigheden in de rechterbenedenhoek. Wat de natte bossen betreft komen de ooibossen voor op de rijkste groeiplaatsen die regelmatig door de rivier overstroomd worden en waar ook afzetting van rijk sediment plaatsvindt en komt het berkenbroek voor op de armste groeiplaatsen waar zure basenarme omstandigheden heersen. De elzenbroekbossen nemen een breed tussengebied in tussen beide extremen met de associaties (Tabel 4.1) 28, 29 en 30 aan de rijke kant en 32 maar vooral 31 aan de arme kant.

De in het centrum van het ecogram voorkomende bossen van het Haagbeukenverbond (3C) en het onderverbond der Vochtige Elzen-Essenbossen (3D2) staan bekend als zeer soortenrijk, hetgeen in overeenstemming is met de theorie dat de variatie in de vegetatie groter is in milieus met gemiddelde omstandigheden dan in extreme milieus. Ook de bossen behorende tot de groepen 3A, 3B en 3D1 staan bekend als zeer soortenrijk, veel soortenrijker dan de bossen van de groepen 1A en 2A. Dat komt behalve door de betere voedselvoorziening ook door de betere vochtvoorziening, die volgens het ecogram op gelijk niveau zou liggen. Dat is echter niet het geval, aangezien de bodems van groep 3A sterk vochthoudend zijn (in tegenstelling tot de zandbodems van 1A en 2A) en die van groep 3D1 (met uitzondering van het Duin-Berkenbos) zowel vochthoudend zijn als grondwater binnen bereik hebben. De horizontale bovengrens van het ecogram geeft dan ook een foutief beeld (zie ook Tabel 4.3 en beschrijving individuele associaties).

4.2.3. Korte beschrijving van de individuele associaties volgens Van der Werf

In Tabel 4.3 worden de groeiplaatskenmerken per verbond (van Tabel 4.2) nader uitgewerkt tot associatieniveau. Voedselrijkdom, hydrologie, landschap, bodemtype en soort organische stof (mor, moder, mull, veen) worden met een paar woorden aangegeven. De voedselrijkdom van de standplaats in Tabel 4.3 neemt in het algemeen toe van boven naar beneden. Zo ook de vochtigheid van de standplaats. Dit verband is echter minder sterk, daarom komen ook natte bossen hoog in de lijst voor zoals bijvoorbeeld het Berkenbroek (5) en vochtig Berken-Zomereikenbos (7).

Tabel 4.3. Bosgemeenschappen en de daarbij behorende groeiplaatsen (naar Van der Werf, 1991)

Verbond en Associatie Groeiplaats

1A:	
1. Korstmos-dennenbos	Extreem voedselarme en droge uitgestoven laagten van stuifzandgebieden (mor)
2. Kussentjesmos-dennenbos	Zeer arme en meestal zeer droge stuifzanden, vooral in uitgestoven laagten en op duinen (mor)
3. Kraaihei-dennenbos	Zeer arme, meestal zeer droge stuifzandgebieden, N-Nederland en noordhellingen (mor)
1B:	
4. Kraaihei-Berkenbos	Vochtige tot vrij droge duinvalleien op humusarm zuur zand (Waddendistrict) (mor)
5. Berkenbroek	Hoogveen en zeer natte voedselarme zandgronden (veenvorming)
2A:	
6. Berken-Zomereikenbos	Voedselarme, droge, zeer zure leemarme zandgronden (haarpodzol of duinvaaggrond, mor)
7. Idem, vochtig	Idem nat met gley, stagnogley of pseudogley (veldpodzol of vlakvaaggrond)
8. Wintereiken-Beukenbos	Lemige zandgronden en arme leemgronden (holtpodzol of haarpodzol met lemige ondergrond bijv. op stuwwallen)
9. Idem, vochtig	Idem, natter, veldpodzol of gley, vaak pseudogley, maar armer dan 17/18 (moder)

- | | |
|--------------------|---|
| 10. Elzen-Eikenbos | iets rijkere, natte, humeuze tot venige lemige zandgronden (moder, begin veenvorming) |
| 11. Duin-Eikenbos | Droge tot iets vochtige ontkalkte duinvaaggrond (ontkalking, mor) |

2B:		
12. Veldbies-Beukenbos	Heuvelland met lemige, zure, grindrijke bodems	
3A:		
13. Gierstgras-Beukenbos	Löss en andere vochthoudende, matig voedselrijke leemgronden (mull)	
14. Parelgras-Beukenbos	Kalk, mergel, krijt met tenminste 50 cm bodemdiepte (hellinggley, colluvium, mull)	
15. Kalk-Beukenbos	Steile en zeer droge warme krijthellingen, liefst op het zuiden met rendzina (erosie, kalkmull, ontkalking)	
3B:		
16. Esdoorn-Essenbos	Steile erosiedalen in Z-Limburg (erosie, colluvium)	
3C:		
17. Eiken-Haagbeukenbos	Pseudogley met basenrijke ondergrond op bijv. keileem, rivierleem, kleefaarde (pseudogley, mull)	
18. Idem, Kamperfoelierijk	Arme variant van 17, bijv. lemig zand op zure leem of klei (pseudogley, moder)	
3D1:		
19. Duin-Berkenbos	Jonge kalkrijke midden- en achterduinen (moder, podzolering?)	
20. Abelen-lepenbos	Min of meer kalkrijk zand (oeverwallen, binnenduinrand, voet stuwwallen) (erosie, colluvium)	
21. (Droog) Essen-lepenbos	Jonge, rijke, tenminste matig goed gedraineerde kleigronden (rijping, kleiverplaatsing, ontkalking, pseudogley)	
22. Idem, Elzenrijk	Idem, maar natter (niet venig), voorjaarsgrondwaterstand 10-40 cm (gley)	
3D2:		
23. Vogelkers-Essenbos	Beekdalen met bewegend grondwater, relatief rijk, niet venig (erosie, mull, colluvium)	
24. Bosmuur-Elzenbos	Langs snelstromende beken (sporadisch in Z-Limburg), lemige (stenige) gleygronden (erosie, gley)	
25. Elzenbronbos	Brongebieden met uittredend zuurstofrijk, kalkarm grondwater (humus/veenvorming)	
26. Essenbronbos	Brongebieden met uittredend zuurstofrijk, kalkrijk grondwater (multhumusvorming)	
27. Ruigt-Elzenbos	Laagveengebieden met kalkarm kleiig veen, venige klei (grondwatertrap II) (veenvorming)	
4A:		
28. Kalk-Elzenbroek	Veen in kalkgebieden, dalen of onderaan hellingen, water minder snel stromend dan in 26 (veenvorming)	
29. Gewoon Elzenbroek	Matig basenrijke veengronden in zand- en in laagveengebieden met stagnerend water (veenvorming)	
30. Moerasvaren-Elzenbr.	Zeer nat laagveen met weinig veraarde bovenlaag (veenvorming)	
31. Elzen-Berkenbroek	Als 29 en 30 maar zuurder, stagnerender, iets hoger (randgebieden). Ook geëutrofeerd hoogveen (zure veenvorming)	
32. Koningsvaren-Elzenbr.	Beekdalen Z-Nederland (Atlantisch), voedselarm, iets bewegend water (zeldzaam) (veenvorming)	
5A:		
33. Schietwilgenbos	Periodiek door rivierwater overstroomde dalen, voedselrijk (opslibbing), dynamisch (rijping, humusvorming)	

De Dennenbossen (1-3) komen van nature in Nederland slechts voor op zeer arme groeiplaatsen ten noorden van de rivieren, leemarme zanden met weinig bodemontwikkeling zoals uitgestoven laagten.

Het *Kraaihei-Berkenbos* (4) komt slechts voor in het Waddendistrict en bestaat uit lage kromme berken (Zachte en Karpatenberk) met een gevarieerde kruidlaag waarin Kraaiheide aspectbepalend is.

Het *Berkenbroek* (5) vormt binnen de natte bossen een zeer belangrijke associatie. Komt van nature voor op de randen van hoogvenen en vennen maar ook op ontwaterd hoogveen. Vrij open laag bos met vooral zachte berk, soms met ruwe berk. In de struiklaag kan gagel voorkomen en verder dwergstruiken als rijsbes en bosbes. Daaronder zijn veenmossen dominant en in de kruidlaag kunnen soorten voorkomen als veenpluis, eenarig wollegras, dophei, smalle stekelvaren en zompzegge.

Het *Berken-Zomereikenbos* (6) vormt een belangrijke groep op de arme zandgronden met ruwe berk en zomereik als belangrijkste soorten. Het Dicrano-Quercetum dat een belangrijke rol speelt in het pre-advies over droge bossen (Klap en Schmidt, 1992 en 1995) behoort deels hiertoe. Het armste deel van het Dicrano-Quercetum (nu uitgestorven) moet echter ingedeeld worden bij het Korstmos-Dennenbos, op grond van de paddenstoelenflora (Kuyper, 1996, pers. med.).

De *vochtige variant van het Berken-Zomereikenbos* (7) komt voor op lage, vochtige tot natte, arme zandgronden, vaak naast het droge type op overgangen naar nog nattere groeiplaatsen met bijv. Berkenbroek. Soorten: Zomereik, Ruwe berk en Zachte berk met vaak ondergroei van Pijpestrootje.

Het *Wintereiken-Beukenbos* (8) is een zeer belangrijke associatie op de wat betere zandgronden in Nederland, de lemige dekzanden, op stuwwallen, op arme lössgronden en op ontkalkte duinzanden. In ongestoorde vorm is het een tot 30 m hoog (soms nog meer) opgaand, vrij gesloten beukenbos met enkele wintereiken met weinig ondergroei. Vaak sterk gedegradieerd en dan lijkend op Berken-Zomereikenbos, vaak via een heidefase.

De *vochtige variant van het Wintereiken-Beukenbos* (9). De gemiddeld hoogste grondwaterstand is echter tenminste 30-40 cm diep, anders sterft de beuk (Grondwatertrap III of V). Soorten: beuk, zomereik, wintereik, ruwe en zachte berk met vaak ondergroei van pijpestrootje (vochtindicator). Vormt vaak overgang tussen de droge variant (8) en het Kamperfoelie-rijke Eiken-Haagbeukenbos (18) bij pseudogley of Elzen-Eikenbos (10) bij echte gley.

Het *Elzen-Eikenbos* (10) heeft potentieel een groot oppervlak in Nederland, vaak voorkomend tussen elzenbroek en Wintereiken-Beukenbos of Kamperfoelie-rijke Eiken-Haagbeukenbos. Nu vaak ontwaterd en onder weiland. Soorten: zomereik, met els en zachte berk en een enkele es.

Het *Duin-Eikenbos* (11) komt voor op (ontkalkte) hogere strandwallen en duinen van het oude duinlandschap van het Renodunaal district (ten zuiden van Bergen). Soorten: zomereik, vaak berk of beginnend beuk (overgang naar 8). In de ondergroei kunnen voorkomen: meidoorn, kardinaalsmuts, lelietjes van dalen en duinriet.

Het *Veldbies-Beukenbos* (12) komt vooral voor op het heuvelland in Z. Limburg, vaak op vuursteeneluvium. De beuk is vaak vervangen door de zomereik door het hakhoutbedrijf.

Het *Gierstgras-Beukenbos* (13) is de dominante vegetatie op lössgronden, zowel in Nederland als in Duitsland, België, Noord Frankrijk en Engeland. Verder op andere, vochthoudende, matig voedselrijke, goed ontwaterde leemgronden (zie hoofdstuk Zonaliteit). Hoogopgaand zwaar bos met beuk dominant (tot 40 m hoog), verder wintereik, zomereik (aangeplant), winterlinde, haagbeuk en soms gewone es. Opslag bestaat vrijwel alleen uit beuk. Weinig ondergroei door geringe lichtintensiteit.

Het *Parelgras-Beukenbos* (14) is schaars en komt vrijwel uitsluitend in Z. Limburg voor op krijthellingen met minstens 50 cm bodemdikte op kalkhoudend moedermateriaal. In ongestoorde toestand heeft het een vrij gesloten boomlaag met hoge beuken. In dit type kunnen de bomen in Nederland de grootste afmetingen bereiken, vooral indien gelegen op voethellingen met een zeer goede vochtvoorziening: beuken tot 45 m hoog en essen tot 40 m. Vaak echter komt hakhout voor met bovenstaanders waarin de beuk vervangen is door zomereik en haagbeuk, en met veel hazelaar in de ondergroei.

Het *Kalk-Beukenbos* (15) is zeer zeldzaam en komt vaak naast (14) voor. In ongestoorde toestand zou er opgaand vrijwel gesloten beukenbos voorkomen met spaanse aak en es als belangrijkste begeleiders. Meestal verarmd door hakhoutbeheer. Rijke ondergroei van kalkminnende soorten in struik- en kruidlaag waaronder veel orchideeënsoorten.

Het *Esdoorn-Essenbos* (16) komt slechts voor in steile erosiedalen in Z. Limburg. Zeer gevarieerd bos met gewone esdoorn, es, iep en linde en veel varens en mossen.

Het *Eiken-Haagbeukenbos* (17) komt voor op rijke pseudogleygronden met een zeer slechte waterhuishouding, vaak ontwikkeld in keileem, mergel, potklei of pleistocene rivierklei. In de zomer vindt vaak extreme uitdroging en scheuring plaats (geen grondwater binnen bereik, en geen nalevering vanuit de zware ondergrond). De bovengrond heeft een pH-H₂O van bijv. 4-6, een basenverzadiging van 40-70% en veel organische stof (10-15 à 20 %), de ondergrond is kalkhoudend of heeft tenminste een hoge basenverzadiging. Veel in Twente en verder verspreid in in het oosten en zuiden van het land. Soorten: zomereik, haagbeuk, beuk (drogere delen), es, zoete kers, spaanse aak, winterlinde. Hazelaar komt veel voor in de struiklaag, verder o.a. meidoorn en kardinaalsmuts terwijl de kruidlaag rijk ontwikkeld is. Grenst vaak (aan de droge kant) aan (8/9) of (13/14) en (aan de natte kant) aan Vogelkers-Essenbos (23), in het rivierengebied soms aan het Essen-lepenbos (21/22).

Het *Kamperfoelierijke Eiken-Haagbeukenbos* (18) staat op gronden met een lagere basenverzadiging (geen kalk). De vegetatie is minder soortenrijk dan (17). Vaak zijn rabatten aangelegd in de Eiken-Haagbeukenbossen voor de afwatering. De Eiken-Haagbeukenbossen zijn zeer waardevolle bossen en hebben een rijke voorjaarsbloei. Zij nemen een tussenpositie in tussen de natte en de droge associaties, hetgeen ook blijkt uit het Ecogram (Figuur 4.1), en komen vaak voor in randgebieden van natte bossen. Door het pseudogley-karakter van de bodem is de waterhuishouding kwetsbaar en gevoelig voor verstoring (bijvoorbeeld bij de aanleg van rabatten).

Het Elzen-Vogelkersverbond (Alno-Padion) wordt verdeeld in een drogere (met iepen en essen) en een nattere groep (met elzen en essen).

Het *Duin-Berkenbos* (19) is de voorloper van het Duin-Eikenbos (11) op jonge kalkrijke duinzandafzettingen met als belangrijkste boomsoorten zachte en ruwe berk en ratelpopulier. In de rijk ontwikkelde struiklaag komt veel meidoorn voor en verder wilde liguster, hondsroos en kardinaalsmuts.

Het *Abelen-lepenbos* (20) is het bos van de kalkrijke zandige oeverwallen. De veldiep of gewone iep is dominant. Verder komen voor abeel, es, esdoorn, meidoorn, Spaanse aak en vlier en er is een gevarieerde kruidlaag.

Het *Essen-lepenbos* (21) is de natuurlijke begroeiing van de jonge rijke alluviale gronden in ons land mits niet te nat of te zwaar: oeverwallen langs rivieren en ontwaterde zeekleigronden (bijv. in de IJsselmeerpolders). Bijna al dit land is ontgonnen tot vruchtbare bouwlanden en graslanden. Bostype met zeer veel soorten bomen en struiken. De hoogtegroe is vaak snel maar hoge leeftijden worden niet bereikt in tegenstelling tot het Eiken-Haagbeukenbos (langzamere groei, hogere leeftijd). Soorten: gladde iep, es, zoete kers, esdoorn, schietwilg, zomerlinde; eik en beuk meestal aangeplant. Rijke struik- en kruidlaag met o.a. meidoorn en speenkruid. Ook veel lianen (klimop). In parkbossen vaak stinzenmilieu.

Het *Elzenrijke Essen-lepenbos* (22) komt voor op de nattere, alluviale kleigronden. De grens met (21) ligt bij een voorjaarsgrondwaterstand van ca. 40 cm. Weinig actueel bos, lokaal essenhakhout. Wel op landgoederen in het rivierengebied. Voorts kunnen vermoedelijk vrijwel alle binnendijkse grienden tot dit type worden gerekend. Soorten: es, minder iep dan in (21), els, schietwilg en een enkele eik. Veel populier aangeplant. In de struiklaag grauwe wilg, vogelkers, aalbes, soms zwarte bes. In de kruidlaag al veel soorten van het elzenbroek. Aan de natte kant grenzend aan Schietwilgenbos (33) of bij stagnerend water aan Ruigt-Elzenbos (27) of Elzenbroek (29).

Het *Vogelkers-Essenbos* (23) komt voor langs beken. Zowel het oppervlaktewater als het grondwater is sterk bewegend; daardoor is er geen veenvorming. Soorten: es en zwarte els, verder

zomereik, zoete kers, gewone esdoorn en zachte berk. Vaak goed ontwikkelde struiklaag met veel vogelkers, verder aalbes, hazelaar en kardinaalsmuts en met framboos en zwarte bes als elzenbroeksoorten. In de kruidlaag een combinatie van min of meer nitrofiële Alno-Padion soorten als speenkruid, hondsdrif en grote brandnetel; vochtminnende soorten als pinksterbloem en gele lis; en soorten van bossen op rijpere voedselrijke bodems als slanke sleutelbloem en gele dovenetel. Neemt een tussenpositie in tussen het Elzenbroek en de Eiken-Haagbeukenbossen. Vaak in contact met andere zeer interessante natte bostypen: Elzen-Eikenbos, Eiken-Haagbeukenbos, Essen-lepenbos, Elzenbroek en Essen- of Elzenbronbos.

Het *Bosmuur-Elzenbos* (24) komt alleen in Z-Limburg voor, is algemeen langs beken in het Middeneuropese middelgebergte.

Het *Elzenbronbos* (25) komt voor aan de voet van hellingen in Zuid en Midden Limburg, ten oosten en ten zuiden van Nijmegen, in de Z.Veluwezoon, bijvoorbeeld Middagten, in Twente en bij het kasteel Swalmen in Limburg. Is beperkt tot brongebieden met uittredend zuurstofrijk water van gelijkmatige temp (9-10°C). De bodem is venig (20-60 % humus) en het water basenrijk maar kalkarm. Komt vaak voor onder het Wintereiken-Beukenbos (voedselarm). Stroomafwaarts langs de beek kan het overgaan in Vogelkers-Essenbos. Soorten: Zwarte els dominant, soms es en zachte berk. Struiklaag met soorten uit het elzenbroek en vaak een rijke kruidlaag met o.a. paarbladig en verspreidbladig goudveil en bittere veldkers.

Het *Essenbronbos* (26) is zeldzaam in Nederland. Goed ontwikkeld komt het slechts voor tussen Elsloo en Bunde, fragmentair elders in Z-Limburg en bij Nijmegen. Potentieel slechts weinig meer. Locaties: Bunderbos, kasteelpark Terhagen-Elsloo en Kastanjedal bij Ubbergen. Standplaatsen als bij Elzenbronbos echter met kalkrijk water. Ligt meestal ingebed in een Parelgras-Beukenbos (14, op kalk/mergel).

Het *Ruigt-Elzenbos* (27) komt vooral voor in Zuid-Holland op kleiig veen tot venige klei. De gronden zijn steeds kalkarm, het veen is bovenin veraard en het grondwater is steeds hoog (Grondwatertrap II, Tabellen 11.1 en 11.5). Het gebied is merendeels onder grasland met (brede) sloten. Het water stroomt weinig en dan nog door bemaling. Meestal sterk verstoord. Soorten: zwarte els en es met ondergroei van meidoorn, grauwe wilg, braam en hoogopschietende vochtminnende kruiden.

Het *Kalk-Elzenbroek* (28) komt voor in Zuid-Limburg op de grens met België en is zeer zeldzaam. Soorten: gelijkend op Elzenbroek (29), aangevuld met kalkindicatoren, bijv. liguster.

Het *Gewoon Elzenbroek* (29) is zeer algemeen op veengronden in het zandgebied. Voorbeelden: in oude maasarmen: Broekhuizerbroek, Kaldenbroek, Koelbroek; verder het Leudal, het Agelerbroek bij Ootmarsum en het Korenburgerveen bij Winterswijk. Vooral op veen in (vroeger) afvoerloze kommen van zandgronden; ook lokaal op laagveen en hier en daar op venige zandgrond en zeer natte klei. De bodem is voedsel- en basenrijk, met pH meestal 4.5-5.6. Grondwater stagneert meestal en staat nooit dieper dan enige decimeters, in de winter ook wel boven het oppervlak. Ondergrond bestaat vaak uit dekzand. Op zuurder en armer veen vinden we het Elzen-Berkenbroek (31), op nog armer hoogveen het Berkenbroek (5). Door verlanding, vooral na ontwatering, kan een Elzen-Eikenbos (10) ontstaan. De boomlaag bestaat vrijwel uitsluitend uit zwarte els, soms met enige zachte berken; de struiklaag uit zwarte bes, grauwe wilg en bastaarden hiervan met de geoorde wilg, in mindere mate gelderse roos, sporkehout en framboos. Ligt meestal ingebed in het gebied van Elzen-Eikenbos (10) of bij iets meer reliëf direct in het Wintereiken-Beukenbos (8 en 9) of (op voedselarmere bodems) ook wel in vochtig Berken-Zomereikenbos (7) en bij ondoorlatende bodem komt het voor grenzend aan Eiken-Haagbeukenbos (17-18). Op enige afstand van beken kan het voorkomen, grenzend aan Vogelkers-Essenbos (23).

Het *Moerasvaren-Elzenbroek* (30) is beperkt tot de plassengebieden van de laagveengebieden van Z. Holland-Utrecht en van Noordwest-Overijssel en komt verder voor nabij het Zuidlaardermeer. Voorbeelden: Naardermeer, Weerribben, de Wieden. Standplaats op zeer nat laagveen, vaak als onderdeel van een verlandingsreeks, vaak nauwelijks begaanbaar met een weinig veraarde bovenlaag. Bomen vallen gemakkelijk om. Grondwater niet dieper dan 10 cm, soms deels boven maaiveld, vrijwel stilstaand, tamelijk voedselrijk, pH meestal 5-6; in bossen met veel veenmossen

lager. Deze associatie komt voor in het gebied van laagveenplassen met rietlanden, moerashooilanden en moerasbossen, meestal doorsneden door vele brede en smallere, al dan niet verlande sloten, maar overigens praktisch niet ontsloten en onbewoond. Deze bossen zijn bijna allen jong, ontstaan in open water als verlandingsstadium uit moerasvegetaties van bijv. grote zeggen of riet e.d., soms zelfs direct op drijftillen. Ze hebben zich in veel gevallen ontwikkeld vanaf het moment dat het rietmaaien werd gestaakt. Rond de eendenkooien staan de oudste en de rijkste bossen van de laagveengebieden (behorend tot het Moerasvaren-Elzenbroek maar ook tot andere typen): Grote Kooibos in de Botshol, Oude Kooi in Naardermeer, Otterskooi en Bakkerskooi in de Wieden en de Penkooi en de Kloosterkooi in de Weerribben. Soorten als (29), daarbij moerasvaren, veenmossen en soorten van verlandingsstadia.

Het *Elzen- Berkenbroek* (31) is de voedselarme en zure variant van zowel 30 als 29. Komt voor in zowel het laagveengebied (Weerribben, Naardermeer) als ook in het Pleistocene zandgebied (bijvoorbeeld in de Castenraayse vennen). De pH is 4-4.5, soms tot 5. De soorten hierin zijn ten opzichte van (29) en (30) meer indicatief voor zure, voedselarme omstandigheden: zachte berk en zwarte els, een enkele eik, lijsterbes, grauwe wilg, wilde gagel en pijpestrootje.

Het *Koningsvaren-Elzenbroek* (32) komt voor in beekdalen op tamelijk voedselarme standplaatsen, ook op ondiep veen of venige grond op zwaardere minerale ondergrond, grondwater vaak licht bewegend, matig zuur (pH 4.5-5). Voorbeelden: St-Jansberg bij Mook en Castenraayse vennen. Na ontwatering volgt ontwikkeling richting Elzen-Eikenbos (10). Soorten: els, soms zachte berk. Ondergroei met o.a. grauwe wilg, sporkehout, koningsvaren, zeggesoorten en veenmossen.

Het *Schietwilgenbos* (33) komt voor op permanent vochtige en periodiek door rivierwater overstroomde uiterwaarden en zoetwatergetijdengebieden. Van deze bossen, de vloedbossen, waarin de wilg de belangrijkste soort is, wordt slechts één associatie onderscheiden, in tegenstelling tot de broekbossen, waarvan meerdere associaties beschreven worden. Daarom wordt het Schietwilgenbos hier wat uitgebreider behandeld.

De dynamiek van het vloedbosmilieu uit zich in waterstromingen over het oppervlak die aanzienlijke snelheden kunnen bereiken waardoor erosie optreedt, afgewisseld met perioden met rustiger water waarin sediment kan worden afgezet en zelfs tijdelijk een humusprofielontwikkeling kan plaatsvinden. Grondwaterstanden fluctueren in het algemeen zeer sterk, met standen boven het oppervlak in tijden van overstroming tot zeer lage standen wanneer de rivier weinig water afvoert en het profiel tot grote diepte kan oxideren. Onder zulke omstandigheden is veenvorming niet mogelijk. Voorbeelden: Waardenburg, Ooypolder (ook binnendijs). Verder in de lagere delen van de Biesbosch maar daar deels sterk aangetast tot gedegenereerd. De hydrologische dynamiek is bepalend voor het voorkomen van dit type. Binnendijkse natte gronden hebben meestal els, de buitendijkse wilg. Alle binnendijkse en sommige hooggelegen buitendijkse wilgengrienden lijken oppervlakkig op dit bostype, maar behoren in feite tot het Elzenrijke Essen-lepenbos (22) of op venige klei tot het Ruigt-Elzenbos (27). Alleen de lagere delen van de uiterwaarden worden ingenomen door dit type, zoals oude beddingen en ondiepe tichelgaten. Op de natste plaatsen of bij te sterke stroming is geen bosgroei meer mogelijk, maar ontwikkelt zich een mantel van struweel die in het getijdengebied ook wel als griend wordt aangeplant en onderhouden.

Deze rivierkleigebieden kunnen al dan niet kalkhoudend zijn, maar zijn wel bijna altijd nitraat- en fosfaatrijk. Door de sterke vervuiling van de rivieren neemt dit nog steeds toe. De bodemprofielen zijn meestal weinig ontwikkeld, opgebouwd uit min of meer gehomogeniseerde sedimentlaagjes van kleiig tot zandig materiaal, rijk aan basen en nutriënten, afwisselend met bladlaagjes, waarbij de bladeren naar beneden toe steeds minder herkenbaar zijn en in humus overgaan. Ook veel grof zandig materiaal komt voor als substraat, maar meer in het buitenland, bij voorbeeld hogerop langs de Rijn bij Straatsburg. Soorten: vooral schietwilg en andere wilgen.

4.3. Onderverdeling van de broekbossen volgens Clerkx et al. (1994)

4.3.1. Associaties, subassociaties, romp- en derivaatgemeenschappen

Clerkx et al. (1994) hebben een uitgebreide studie verricht naar de broekbossen in Nederland en daarbij hebben ze een verdergaande indeling van de broekbossen gemaakt dan Van der Werf (1991). De hoofdindeling is die in Elzenbroekbossen en Berkenbroekbossen. Deze worden onderverdeeld in associaties, rompgemeenschappen en derivaatgemeenschappen. De associaties duiden verschillende groeiplaatsen aan met een daaraan aangepaste plantengroei; de romp- en derivaatgemeenschappen hebben betrekking op gestoorde situaties. Vergeleken met de indeling van Van der Werf (Tabel 4.1) zijn er belangrijke verschillen:

1. Van der Werf behandelt alle bossen en Clerkx et al. alleen de broekbossen;
2. Clerkx et al. geven een verdere onderverdeling van de broekbossen dan Van der Werf;
3. Clerkx et al. beschrijven de feitelijke situatie zoals die in het veld wordt aangetroffen terwijl Van der Werf gericht is op de potentieel natuurlijke vegetatie, de PNV, voor een bepaalde groeiplaats.

Beide methoden vullen elkaar op een goede manier aan: de benadering vanuit de groeiplaats (wat is hier natuurlijk en waar gaat het naar toe?) en vanuit de vegetatie (wat staat er in feite?). De onderverdeling van de broekbossen volgens Clerkx et al. is vooral gebaseerd op kwantitatieve en kwalitatieve hydrologische verschillen van de standplaats zoals die zich uiten in de vegetatie (Tabel 4.4).

Tabel 4.4. Indeling van de broekbossen in Nederland (naar Clerkx et al., 1994)

*nr. associatie vlg Van der Werf (Tabel 4.3)

Wetenschappelijke naam

Nederlandse naam

Klasse - Verbond

Associatie

subassociatie

Indeling van de elzenbroekbossen

Alnetea - Alnion glutinosae

Carici elongatae-Alnetum

- * cardaminetosum amarae
- * caricetosum curtae
- * typicum
- * ribetosum nigri
- * var. Rubus idaeus

Thelypterido-Alnetum

- * typicum
- * sphagnetosum
- * var. Carex riparia

romp- en derivaatgemeenschappen:

Calamagrostis/Sorbus (Alnion) Rg.

Rubus fruticosus (Alnion) Rg.

Carex acutiformis (Alnion) Rg.

Urtica dioica (Alnion) Dg.

Elzenverbond

Gewoon Elzenbroek (29) *

- Bittere veldkers-Elzenbos
- Zompzegge-Elzenbos
- Elzenzegge-Elzenbos
- Zwarte bes-Elzenbos
- Framboos-Elzenbos

Moerasvaren-Elzenbroek (30) *

- Moerasvaren-Elzenbos
- Veenmos-Elzenbos
- Oeverzegge-Elzenbos

Hennegras-Elzenbos

Braam-Elzenbos

Moeraszegge-Elzenbos

Brandnetel-Elzenbos

Indeling van de berkenbroekbossen

Vaccinio-Piceetea

Betulion pubescentis

Carici curtae-Betuletum

- * typicum
- * sphagnetosum

Erico-Betuletum

- * eriophoretosum vaginati
- * callunetosum
- * inops

romp- en derivaatgemeenschappen:

Molinia caerulea (Betulion) Rg.

Berkenbroekverbond

(laagveenberkenbroek)

- Zompzegge-Berkenbos
- Veenmos-Berkenbos

(hoogveenberkenbroek)

- Wollegas-Berkenbos
- Struikhei-Berkenbos
- Dophei-Berkenbos

Pijpestrootje-Berkenbos

Rubus fruticosus (Betulion) Rg.
Myrica gale (Betulion) Rg.
Aronia x prunifolia (Betulion) Dg.

Braam-Berkenbos
Gagel-Berkenbos
Appelbes-Berkenbos

De indeling van de elzenbossen sluit redelijk aan bij de indeling van Van der Werf (Tabel 4.1). De twee groepen Carici elongatae-Alnetum (Gewoon Elzenbroek) en Thelypterido-Alnetum (Moerasvaren-Elzenbroek) zijn identiek aan de associaties 29 en 30 van Van der Werf. Voor het Gewoon en het Moerasvaren-Elzenbroek geeft Clerkx een onderverdeling in 12 typen. Echter, buiten deze 2 associaties onderscheidt Van der Werf nog 3 andere associaties onder het Elzenverbond (Alnion glutinosae) en verder Elzenbossen in het Elzen-Vogelkersverbond (Tabel 4.1). Deze komen niet terug in de indeling van Clerkx.

Bij de berkenbossen sluit de indeling van Clerkx et al. (Tabel 4.4) niet goed aan op de indeling van Van der Werf (Tabel 4.1), die slechts één Berkenbroek associatie (no 5) onderscheidt (Periclymeno-Betuletum pubescentis) welke naam niet terugkomt bij de 2 associaties van Clerkx et al.: Carici curtae-Betuletum en Erico-Betuletum, onderverdeeld in 9 subassociaties, romp en derivaatgemeenschappen. De verschillende associaties en subassociaties met hun derivaat- en rompgemeenschappen volgens de indeling van Clerkx worden hieronder in het kort beschreven (Bron: Clerkx et al., 1994). Romp- en Derivaatgemeenschappen zijn relatief soortenarme plantengemeenschappen (gevolg van verstoring) die zijn opgebouwd uit ken- en differentiërende soorten van eenheden boven het niveau van associatie, alsmede uit begeleidende soorten, waarbij eventuele dominante soorten klasse-eigen, resp. klassevreemde soorten zijn.

4.3.2 De Elzenbroekbossen

Het Gewoon Elzenbroek is (in het algemeen) de vegetatie van de beekdalen en andere lage delen in het Pleistocene gebied en het Moerasvaren-Elzenbroek is de vegetatie van de laagvenen in de Holocene gebieden, waar het milieu (permanent) natter en minder mineraal is. De scheiding is echter niet zo strict, de meeste typen kunnen zowel in Pleistocene beekdalen als in het Holoceen voorkomen. Het meest waardevolle type in beekdalen is het Bittere Veldkers-Elzenbos en op laagvenen zijn het meest waardevol: Moerasvaren-, Elzenzegge-, Veenmos- en Oeverzegge-Elzenbos (Clerkx et al., 1994).

4.3.2.1. Gewoon Elzenbroek van de Pleistocene beekdalen

Bittere veldkers-Elzenbos. Komt voor in beekdalen met kwel van grondwater dat onder hoge intensiteit uittreedt. Zeer soortenrijk, het enige type met een duidelijk voorjaarsaspect van dotterbloem en bosanemoon. De soortensamenstelling vormt een overgang tussen de typische elzenbroekbossen op beekvenen (waarvan de optimale vorm hier als Elzenzegge-Elzenbos beschreven is) en de natte, voedselrijke bossen van de minerale gronden van het Alno-Padion). Dit type wordt van alle elzenbossen het hoogst gewaardeerd. De els bereikt hier zijn grootste hoogte. Voorbeeld: Staverden, Gld.

Zompzegge-Elzenbos. Komt voor in geïsoleerde delen van beekdalen met een relatief grote invloed van neerslagwater. Kenmerkend is het voorkomen van zompzegge, een soort die in alle andere typen ontbreekt. Verder vrij soortenarm.

Elzenzegge-Elzenbos. Komt voor in natte beekdalen (meestal middenlopen) die regelmatig overstroomd worden door de beek of die opkwellend grondwater hebben dat diffuus en met relatief lage intensiteit uittreedt. Soortenrijke bossen met goed ontwikkelde, vaak zeer bloemrijke kruidlaag. Het betreft hier de optimaal ontwikkelde elzenbroekbossen van de beekdalen. Vaak met veel grauwe wilg, en met waterviolier in poeltjes. Voorbeelden: Beekvliet tussen Lochem en Borculo, Agelerbroek en lokaal in het Korenburgerveen bij Winterswijk.

Zwarte bes-Elzenbos. Komt voor in benedenlopen van beekdalen (overgangen naar laagveen) in een relatief eutroof en dynamisch milieu. Van sterke vervuiling of verdroging is echter geen sprake. Vaak langdurig overstroomd met neerslagwater en met sterker schommelende grondwaterstanden dan de vorige subassociaties. Soortenrijk bostype met een goed ontwikkelde, bloemrijke kruidlaag. Zwarte bes kan in de struiklaag tot zeer hoge bedekkingen komen.

Voorbeeld: Letterberter Petten (Gr.) op de noordrand van het Drents plateau. Verder Dinkeldal en Achter de Voort in Twente.

Framboos-Elzenbos. Komt voor in verdroogde beekdalen. Dit type is geen subassociatie maar een variant van het Gewoon of Elzenzegge-Elzenbroek die ontstaat bij verdroging. Van ernstige verruiging zoals bij het Brandnetel- en Braam-Elzenbos is echter nog geen sprake. In de goed ontwikkelde struiklaag komt veel gewone braam, zwarte bes en framboos (> 5% bedekking) voor. In de kruidlaag elzenzegge, hennegras en ruwe smele. Voorbeeld: hogere delen van het Agelerbroek

4.3.2.2. *Moerasvaren-Elzenbroek van de Holocene laagveengebieden*

Moerasvaren-Elzenbos. Komt voor op kraggen in diepe veenplassen en ondiepe veenplassen met kwel. De elzebomen zijn veel minder hoog dan in de beekdalen en waaien gemakkelijk scheef. Grauwe wilg komt veel voor en moerasvaren; elzenzegge komt **niet** voor. Voorbeeld: Naardermeer.

Veenmos-Elzenbos. Komt ook voor op kraggen in diepe veenplassen, zonder kwel maar met sterke invloed van neerslagwater. Soorten als in het Moerasvaren-Elzenbroek met naast de daarin voorkomende "gewone" mossen ook de differentiërende soorten haakveenmos, gewimperd veenmos en moerasbuidelmos. Voorbeeld: Naardermeer.

Elzenzegge-Elzenbos. Kan behalve in de Pleistocene beekdalen ook voorkomen in de Holocene laagveengebieden en wel in ondiepe veenplassen en petgaten waar lichte en diffuse kwel optreedt door de aanwezigheid van nabij gelegen hoger gelegen land of hogere boezem/polderpeilen (kwellaagveen).

Oeverzegge-Elzenbos. Komt voor op brakke klei- of slibrijke kraggeranden en oevervenen. Dit is geen subassociatie maar een variant van het Moerasvaren-Elzenbos. Soortenarm met een struiklaag van grauwe wilg en een kruidlaag van oeverzegge.

4.3.2.3. *Romp- en derivaatgemeenschappen van Gewoon- en Moerasvaren-Elzenbroek*

Hennegras-Elzenbos (Rg). Komt zowel voor in verdroogde beekdalen als wel in verdroogde laagvenen. Rompgemeenschap met slechts zwarte els en hennegras als echte elzenbroeksoorten, aangevuld met Quercion soorten: wilde lijsterbes, wilde kamperfoelie, zomereik (ondergroei) en Drents krentenboompje. Deze Quercion elementen duiden op een sterke verdroging van de bosbodem, die hier echter niet geleid heeft tot een explosie van nitrofiele soorten, waarschijnlijk als gevolg van de lage pH. Ook de zachte berk komt regelmatig voor. Voorbeelden: verdroogde beekdalen met basenarme kwel (Leudal, Castenray, Tegelen) alsmede verdroogd laagveen (Naardermeer).

Braam-Elzenbos (Rg). Komt voor op verdroogd laagveen en sterk verdroogde beekdalen met venige bodem. Rompgemeenschap met gewone braam, brede stekelvaren, hennegras, grote brandnetel, gewone vlier en hondsdrif, de laatste 3 met lage bedekking. Voorbeeld: Naardermeer en Singraven bij Denekamp.

Moeraszegge-Elzenbos (Rg). Komt voor op natte plekken in kwelrijke beekdalen en op niet-brakke oevervenen en kraggeranden. Rompgemeenschap die qua structuur lijkt op het Oeverzegge-Elzenbos met grauwe wilg in de struiklaag en (in dit geval) de moeraszegge in de kruidlaag. Voorbeeld: Loosdrechtse Plassen, Saasveld, Agelerbroek.

Brandnetel-Elzenbos (Dg). Komt voor in verdroogde beekdalen en in verdroogde laagvenen. Het is een derivaatgemeenschap met weinig Alnion soorten waarin nitrofiele soorten als grote brandnetel, gewone vlier, kleeftkruid, hondsdrif en gewoon dikkopmos massaal voorkomen. De nadrukkelijke aanwezigheid van deze soorten kan zowel duiden op een sterk geëutrofeerd als op een sterk verdroogd milieu. In het laatste geval wordt het eutrafente karakter van de vegetatie bevorderd door mineralisatie van de veenbodem of organische stofhorizont. Doorgaans zijn ook enkele soorten van bossen op rijkere, minerale bodem (*Quercus-Fagetum*) aanwezig, zoals vogelkers in de struiklaag en gewoon nagelkruid in de kruidlaag. Naast de zwarte els kunnen zowel de es als de zachte berk in de boomlaag voorkomen. Ook gewone braam, ruw beemdgras en fijn snavelmos

zijn constante soorten. Differentiërende soorten ten opzichte van alle andere Alnion-gemeenschappen zijn gewone vlier met hoge bedekking en veldzuring, grote brandnetel, kleefkruid of gladde witbol met een bedekking > 5 %. Voorbeeld: hogere delen Agelerbroek, Naardermeer.

4.3.3. De Berkenbroekbossen

Het Berkenbroekbos komt van nature voor aan randen van hoogvenen en vennen en andere plekken die verzadigd zijn met oligotroof water. Het berkenbroekbos (Betulion) bereikt in ons land de zuidwestgrens van zijn verspreidingsgebied en komt hier in verarmde vorm voor (Westhoff & Den Held, 1969). Ecologisch heeft het berkenbroek een duidelijk eigen positie, hoewel de overgang naar het vochtige, zure Berken-Zomereikenbos van het Quercion niet scherp is. Plantensociologisch wordt het berkenbroek in de klasse der naaldbossen geplaatst. De floristische overeenkomsten, die samenhangen met het extreme karakter van de standplaats (oligotrofie), lijken deze plaatsing te rechtvaardigen. Echte Betulion-kensoorten komen nauwelijks voor, hetgeen hier (alook bij het Alnion) samenhangt met de voor bosontwikkeling extreme milieu-omstandigheden. Een soort die als kensoort in aanmerking komt is de rijsbes. De verschillende typen worden hieronder in het kort beschreven (Bron: Clercx et al., 1994).

De meest waardevolle bostypen op laagveen zijn het Veenmos-Berkenbos en het Zompzegge-Berkenbos; op hoogveen en vennen zijn de meest waardevolle typen het Gagel- en het Struikheiberkenbos. Voor deze typen is omvorming naar boomloos hoogveen niet gewenst wegens de hoge natuurwaarde. Verder zijn het Dophei- en het Wollegras-Berkenbos relatief waardevol. De andere berkenbostypen (Pijpestrootje-, Braam- en Appelbes-Berkenbos) zijn minder waardevol (Clercx et al., 1994).

4.3.3.1. *Carici curtae-Betuletum* of laagveenberkenbroek

Het laagveenberkenbroek ontstaat op laagvenen als door de verlanding het contact met het eutrofe en basenrijke grond- of oppervlaktewater verloren gaat. Zwarte els wordt dan langzaam vervangen door zachte berk waarbij het Zompzegge-Berkenbos nog wel en Veenmos-Berkenbos geen els meer bevat.

Zompzegge-Berkenbos. Komt voor op kraggen in diepe veenplassen. Veelal gemengd bos, waarin de zachte berk in de boomlaag domineert, maar waarin ook de zwarte els (nog) een duidelijke rol speelt. De verwantschap met elzenbroek komt ook tot uiting door de aanwezigheid van zompzegge, een soort die binnen de elzenbroekbossen juist overgangen naar het Betulion aangeeft. Het betreft hier vooral een type van verzurende laagvenen die door hydrologische isolatie, en daarmee gepaard gaande grotere regenwaterinvloed, voedselarmer en basenarmer worden. Ook in geïsoleerde delen van beekdalen kan dit type zich ontwikkelen. Komt enigszins overeen met associatie 31 volgens van der Werf, het Elzen-Berkenbroek (Alno-Betuletum).

Veenmos-Berkenbos. Komt voor op kraggen in diepe veenplassen. Vrij soortenarm berkenbos met een slecht ontwikkelde struik- en kruidlaag en een goed ontwikkelde moslaag waarin gewoon veenmos de belangrijkste soort is. De bedekking met gewoon en gewimperd veenmos is groter dan 25%. Quercion soorten komen veel voor: wilde lijsterbes, zomereik, wilde kamperfoelie en krentenboompje. Weinig nitrofiële soorten, wel komt de gewone braam regelmatig voor.

4.3.3.2. *Erico-Betuletum* of hoogveenberkenbroek

Het hoogveenberkenbroek komt voor op gemiddeld armere en zuurdere groeiplaatsen dan het laagveenberkenbroek. Ook komen er minder soorten in voor die ook kunnen voorkomen in elzenbroekbossen. Het laagveenberkenbroek staat dicht bij het elzenbroek. Typische soorten van het hoogveenberkenbroek zijn gewone dophei, rijsbes en eenarig wollegras, welke indicatief zijn voor sterk zure milieus.

Wollegras-Berkenbos. Komt voor op verlandende petgaten en arme vennen. De boomlaag is vrij open en bestaat voornamelijk uit extreem lage en gedrongen berken. Daartussen kunnen verspreid enige grove dennen voorkomen. De berken zijn veelal niet hoger dan 5 m, de dennen worden gemiddeld iets hoger. Een hoog opgaande struiklaag ontbreekt, maar dwergstruiken zijn

volop aanwezig. In de kruidlaag is pijpestrootje een constante soort, zij het in lage bedekkingen. De meest constante soort is dopheide, maar daarnaast komen alle drie de bosbessesoorten (*Vaccinium*) van ons land hier voor: rijbsbes (*Vaccinium uliginosum*), vossebes (*V. vitis-idaea*) en blauwe bosbes (*V. myrtillus*), zij het in lagere presenties en bedekkingen dan in het Struikhei-Berkenbos. Eenarig wollegras en veenpluis kunnen dominant aanwezig zijn. Verder is er een goed ontwikkelde moslaag aanwezig met vooral veel veenmossen. Voorbeeld: Vragenderveen.

Struikhei-Berkenbos. Komt voor op sterk verdroogde veendijken en -ruggen. De boomlaag is zeer open en extreem laag (2-4 m). Kleine, grillig gevormde berken worden hier en daar vergezeld van een grove den. Veel dwergstruiken, maar met veel minder dopheide terwijl struikheide algemeen is. Blauwe bosbes, rijbsbes en vossebes kunnen in opvallend hoge bedekkingen voorkomen. In de moslaag zijn veenmossoorten weinig prominent aanwezig. De verschuiving in heide en mossoorten duidt op een drogere standplaats dan die van het Wollegras-Berkenbos. Voorbeeld: Vragenderveen, Wooldse Veen.

Dophei-Berkenbos. Komt voor op matig verdroogde hoogvenen en vennen. Bestaat uit zachte berk met een dwergstruiklaag van pollen dopheide en een gevarieerde kruidlaag waarin naast het dominante pijpestrootje ook typische hoogveensoorten als veenpluis en eenarig wollegras voorkomen. In de moslaag komen voor veen- en andere mossen van zure, voedselarme bodems.

4.3.3.3. *Romp- en derivaatgemeenschappen van laagveen- en hoogveenberkenbroek*

De volgende vier verarmde bostypen worden nog tot het Betulion gerekend.

Pijpestrootje-Berkenbos (Rg). Komt voor op sterk verdroogde hoogvenen en vennen. Is te beschouwen als een verarmde vorm van het Dophei-Berkenbos. Er is een gesloten boomlaag van zachte berk. De struiklaag is minder uitbundig ontwikkeld met sporkehout en zomereik als belangrijkste soorten; wilde gagel is doorgaans afwezig en komt in geen geval tot dominantie. In de kruidlaag is pijpestrootje dominant. Mossen als bij Dophei-Berkenbos.

Braam-Berkenbos (Rg). Komt voor op kraggen in diepe veenplassen. Het Braam-berkenbos is een bostype dat, behalve door een hoge bedekking van gewone braam, pijpestrootje en zachte berk, wordt gekenmerkt door het (geleidelijk steeds meer) optreden van soorten van droge bossen, zij het met nog lage bedekkingen en presenties, bijvoorbeeld rankende helmbloem, Amerikaanse vogelkers en fraai haarmos. Andere soorten die hierop wijzen zijn: zowel smalle als brede stekelvaren, zomereik, wilde lijsterbes en wilde kamperfoelie. Veenmossoorten komen in deze rompgemeenschap nauwelijks meer voor.

Gagel-Berkenbos (Rg). Komt voor op randen van hoogvenen en vennen. Het Gagel-Berkenbos is vrij soortenarm en heeft een sterk van de overige broekbossen afwijkende structuur. De boomlaag van zachte berk is open; bedekkingscijfers van meer dan 75 % komen weinig voor. Zowel de struiklaag als de kruidlaag halen daarentegen hoge bedekkingscijfers. De struiklaag wordt gedomineerd door wilde gagel, de kruidlaag door pijpestrootje en verder door mossen van zure, voedselarme bodems. Differentiërende soorten t.o.v. andere Betulion-gemeenschappen: wilde gagel > 25%, koningsvaren.

Appelbes-Berkenbos (Dg). Komt voor op kraggen in diepe veenplassen. Deze gemeenschap betreft vrij soortenarme berkenbossen met een dichte, vaak nagenoeg ondoordringbare ondergroei van zwarte appelbesstruiken. De zwarte appelbes (*Aronia x prunifolia*) is een klassevreemde soort (daarom derivaatgemeenschap!), een oorspronkelijk uit Noord-Amerika afkomstige bastaardsoort die zich in veenmoerassen als een plaag kan ontwikkelen (als de Amerikaanse vogelkers op droge zandgronden). De kruidlaag is steeds arm aan soorten; de moslaag is daarentegen erg goed ontwikkeld. Veenmossoorten zijn meestal dominant. Een opvallend kenmerk is verder het vaak massaal voorkomen van kiemplanten van zwarte els. De els werd in de boomlaag van dit bostype (nog) niet aangetroffen. Het is om deze reden waarschijnlijk dat deze berkenbossen zich mettertijd zullen ontwikkelen tot een of andere vorm van elzenbroek, een ontwikkeling die tegengesteld is aan de hoofdtrend in de ongestoorde broekbossen. Opvallend is het nagenoeg ontbreken van pijpestrootje.

4.4. Het gebruik van beide indelingen

In dit rapport zal de indeling van Van der Werf (1991) als basis gebruikt worden (Tabel 4.1). Het is een allesomvattend systeem waarin de verbanden tussen de natte bossen onderling en tussen de natte bossen en hun drogere counterparts goed naar voren komen. Wat de broekbossen betreft zal de indeling van Van der Werf worden aangevuld met de onderverdeling volgens Clerkx et al. (1994), die een verfijnde indeling geeft van de elzen- en berkenbroekbossen naar groeiplaatskarakteristieken (hydrologie, humusprofiel), vegetatiesamenstelling en verstoringskenmerken.

5. RELATIE BOSTYPEN EN GROEIPLAATS, IN HET BIJZONDER DE FACTOR HYDROLOGIE

In dit hoofdstuk komen verschillende aspecten van deze relatie aan de orde: zonaal-azonaal, de beïnvloeding van de groeiplaats door de topografie en de relatie bostypen en groeiplaatsen, uitgewerkt voor de broekbossen.

5.1. Zonaliteit

Zonale groeiplaatsen zijn de niet extreme groeiplaatsen die de ontwikkeling van de natuurlijke vegetatie zo weinig mogelijk hinderen waardoor de vegetatie en de bodenvorming na verloop van tijd in overeenstemming komen met de sturende invloeden van het klimaat. Zonale groeiplaatsen zijn derhalve groeiplaatsen met een goede drainage, een gemiddelde textuur (niet grof zand of zware klei) een gemiddelde mineralogische samenstelling (vooral silikaat mineralen, geen pure kalk, gips, zout of veen) en een normale helling (een hellingshoek van een paar procent, genoeg om overtollig water en bodemmateriaal af te voeren en te weinig voor sterke erosie die resulteert in een te ondiepe en/of te jonge bodem). De climax vegetatie op zulke groeiplaatsen wordt de zonale vegetatie genoemd.

Het concept zonaliteit stamt uit Rusland waar van het noorden tot het zuiden een aantal duidelijke vegetatiezones konden worden onderscheiden: toendra, taiga, loofbos, savanne en steppe met de daarbij horende bodemsoorten: podzolen, luvisolen, zwarte aarden, bruine gronden en aride gronden. Deze vegetatiezones komen in Rusland duidelijk tot uiting omdat er over grote oppervlakten een uniform moedermateriaal voorkomt, nl löss, dat bovengenoemde gemiddelde eigenschappen bezit. Verder worden de klimaatzones van noord naar zuid niet verstoord door gebergten waardoor een min of meer regelmatig patroon kon ontstaan van overgangen in klimaat, bodem en vegetatie die nauw met elkaar samenhangen. De goed gedraineerde bodem ontwikkeld in löss op licht golvende oppervlakten werd zo de standaardgroeiplaats voor de zonale vegetatie. Groeiplaatsen die afwijken door extreem moedermateriaal worden *intra-zonaal* genoemd en groeiplaatsen die afwijken door een extreme hydrologie *azonale* groeiplaatsen. Op deze afwijkende groeiplaatsen komen van nature dan ook vegetaties voor die verschillen van de vooral door het klimaat bepaalde zonale vegetatie.

Volgens deze gedachtengang is de zonale bodem in Nederland een radebrikgrond (een goed gedraineerde rijpe bodem met een klei-inspoelingshorizont) in löss met als zonale vegetatie het Gierstgras-Beukenbos (13) volgens de indeling van Van der Werf. In tegenstelling tot in Rusland (en ook in Noord Amerika) bedekt de zonale vegetatie in Nederland slechts een klein deel van het oppervlak, ook voordat de mens hier actief was. Dat komt omdat in Nederland zonale gronden relatief weinig voorkomen aangezien natte gronden en arme zandgronden een relatief groot aandeel van het oppervlak uitmaken, veel groter dan het gemiddelde in de gematigde streken (en ook in de tropen).

Wat betreft de natte gronden komt dat door de ligging in het mondingsgebied van Rijn, Maas en Schelde waardoor in bijna het gehele land de bodems ontwikkeld zijn in vlak gelegen dikke watervoerende Pleistocene en Holocene sedimentpakketten. Het grondwater in deze pakketten is door de vlakheid van het landschap en het neerslagoverschot in Nederland meestal dicht bij het oppervlak en vaak tot in de wortelzone. Het buitenproportioneel voorkomen van zandige gronden komt eveneens door de sedimentaire opbouw van het gebied en door de invloed van de ijstijden in het Pleistoceen. Toen werden zandige sedimentpakketten opgestuwd tot stuwwallen en werden er vanuit de droge rivierbeddingen in een peri-glaciaal milieu grote hoeveelheden zand uitgeblazen en afgezet als dekzand.

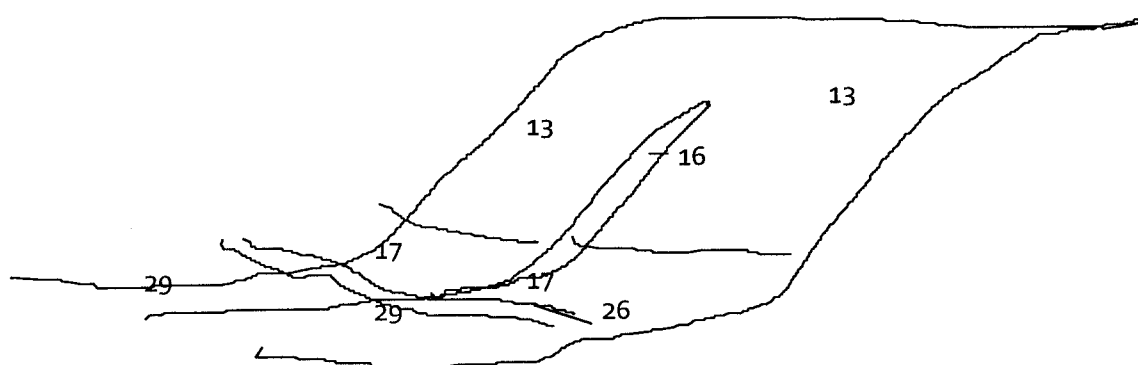
De goed gedraineerde lemige zanden van stuwwallen en dekzandgebieden met een holtpodzolprofiel zou men voor de Nederlandse omstandigheden ook als een min of meer zonale groeiplaats kunnen beschouwen met als natuurlijke vegetatie het Wintereiken-Beukenbos (8). Met evenveel recht zou men in het Holocene gebied een min of meer zonale groeiplaats kunnen aanwijzen, nl. de redelijk ontwaterde gebieden in het rivierenlandschap met een "normale",

gemiddelde bodemsamenstelling (silicaatmineralen, niet te zandig, niet te kleiig). Deze situatie wordt aangetroffen op de oeverwallen van de rivieren met een ooivaaggrondprofiel en deze hebben als natuurlijke vegetatie het Essen-lepenbos (21).

Voor een goed begrip van de groeiplaatsen in Nederland en de plaats van de natte bossen daarin is het zinvol uit te gaan van deze drie standaardgroeiplaatsen: de echte zonale lössbodem met Gierstgras-Beukenbos, de wat armere sub-zonale lemige zandgrond met Wintereiken-Beukenbos en de wat nattere (grondwaterinvloed) en rijkere (vers riviersediment) sub-zonale rivieroeverwal met het Essen-lepenbos.

5.2. Topografische sequenties

Voor alle drie standaardgroeiplaatsen kan een hydrologische sequentie worden opgesteld in de vorm van een doorsnede door het landschap van hoog naar laag. Voor de lössgebieden zou dat de volgende sequentie van bosgemeenschappen kunnen geven (indeling van Van der Werf, Tabel 4.1):



- 13. Gierstgras-Beukenbos (*Milio-Fagetum*) op de hogere delen
- 16. Esdoorn-Essenbos (*Aceri-Fraxinetum*) in de ravijnen
- 17. Eiken-Haagbeukenbos (*Stellario-Carpinetum*) op de hellingenvoeten
- 23. Vogelkers-Essenbos (*Pruno-Fraxinetum*) rond 26 en 29
- 26. Essenbronbos (*Carici remotae-Fraxinetum*) rondom de bronniveaus
- 29. Gewoon Elzenbroek of Elzenzegge-Elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum*) op de laagste, moerassige plekken.

In de lemige zandgebieden is onder natuurlijke omstandigheden de volgende sequentie te verwachten van hoog naar laag:



- 8. Wintereiken-Beukenbos (*Fago-Quercetum petraeae*)
- 9. Vochtig Wintereiken-Beukenbos (*Fago-Quercetum petraeae molinietosum*)
- 10. Elzen-Eikenbos (*Lysimachio-Quercetum*)
- soms 25. Elzenbronbos (*Chrysosplenio-Alnetum*)
- 29. Gewoon Elzenbroek of Elzenzegge-Elzenbroek (*Carici elongatae-Alnetum*)

In de Holocene kleigebieden zou dwars op de rivier van oeverwal naar kom (van de rivier af) de volgende sequentie kunnen voorkomen:



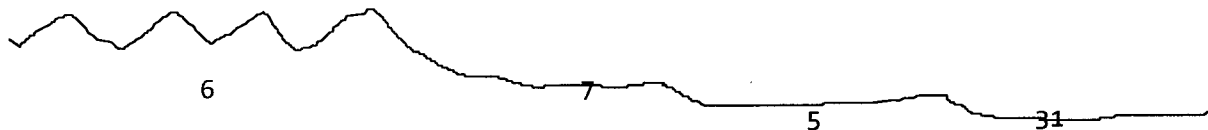
- 21. (Droog) Essen-lepenbos (Fraxino-Ulmetum)
 - 22. Elzenrijk Essen-lepenbos (Fraxino-Ulmetum alnetosum)
 - 27. Ruigt-Elzenbos (Filipendulo-Alnetum)
 - 30. Moerasvaren-Elzenbroek (Thelypterido-Alnetum)
 - 31. Elzen-Berkenbroek (Alno-Betuletum)
 - 5. Berkenbroek (Periclymeno-Betuletum pubescentis)
- en tenslotte zelfs boomloos hoogveen.

Naar de rivier toe is een normale sequentie:

- 21. (Droog) Essen-lepenbos (Fraxino-Ulmetum)
- 33. Schietwilgenbos (Salicetum albae).

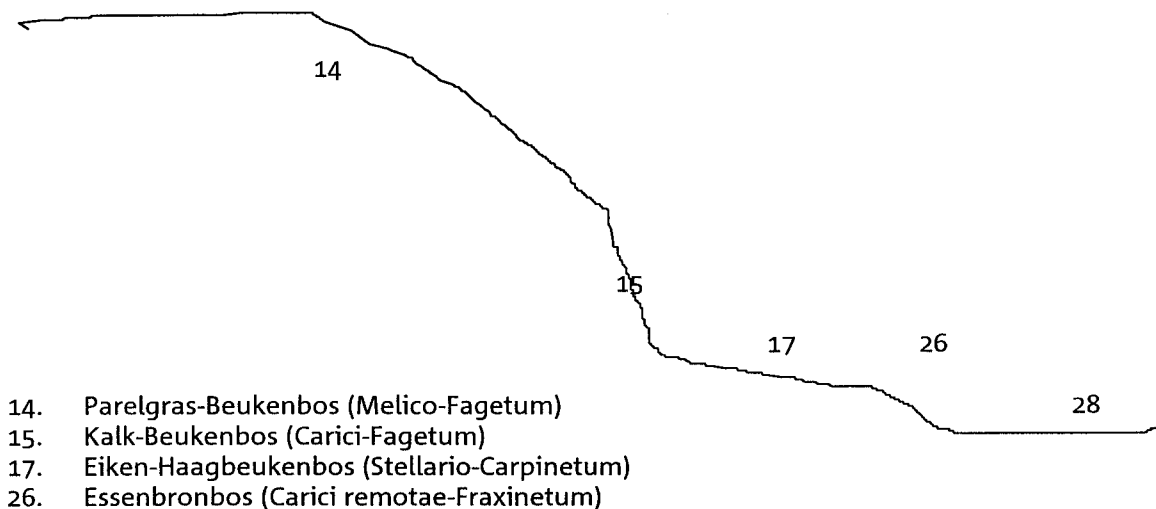
In dit geval is de situatie wat gecompliceerder doordat in het rivierengebied op een typische dwarsdoorsnede behalve de hydrologie ook het moedermateriaal verandert van gemiddelde textuur (oeverwal) naar fijne textuur (kommen met zware klei en zelfs veen). Verder kan er in het geval van erg hoge en zandige oeverwallen ook nog associatie 20, het Abelen-lepenbos (*Viola odoratae*-Ulmetum) voorkomen. In de huidige omstandigheden zal het berkenbroek en het boomloos hoogveen niet vaak meer voorkomen. Vóór het menselijk ingrijpen was echter een groot deel van de komgebieden in West-Nederland met hoogveen bedekt.

Voor de extremere moedermaterialen kunnen ook hydrologische sequenties worden opgesteld. Nemen we bijvoorbeeld in plaats van lemig zand, leemarm zand van zandverstuivingen in het binnenland, dan kunnen we een vernattingsreeks met aan de top dennenbos of Berken-Zomereikenbos verwachten:



- 6. Berken-Zomereikenbos (Betulo-Quercetum roboris)
- 7. Vochtig Berken-Zomereikenbos (Betulo-Quercetum roboris molinietosum)
- 5. Berkenbroek (Periclymeno-Betuletum pubescentis)
- 31. Elzen-Berkenbroek (Alno-Betuletum).

Deze sequentie wordt gekenmerkt door zure, voedselarme omstandigheden. Voor het moedermateriaal mergel zou van hoog naar laag de volgende sequentie kunnen voorkomen:

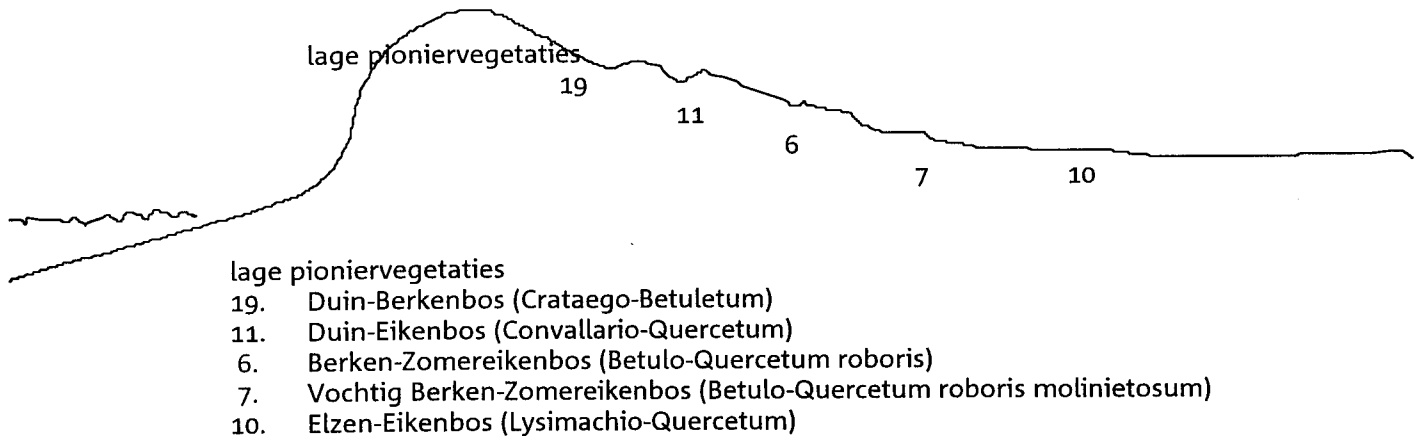


- 14. Parelgras-Beukenbos (Melico-Fagetum)
- 15. Kalk-Beukenbos (Carici-Fagetum)
- 17. Eiken-Haagbeukenbos (Stellario-Carpinetum)
- 26. Essenbronbos (Carici remotae-Fraxinetum)

28. Kalk-Elzenbroek (Cirsio-Alnetum)

Deze sequentie wordt gekenmerkt door in ons land zeer zeldzame kalk- en voedselrijke omstandigheden.

In het gebied van de kalkrijke duinen zou de volgende sequentie kunnen optreden:



In dit geval is er behalve een hydrologische gradiënt tegelijkertijd ook nog een verweringsgradiënt aanwezig (ontkalking, bodenvorming).

Bij de keuze van maatregelen en bij de selectie van Referentieprojecten moet met deze verbanden rekening gehouden worden. In het algemeen zal het beheersdoel van natuurgebieden zijn, het herstellen van de potentieel natuurlijke vegetaties. Hiertoe zullen de oorspronkelijke hydrologische condities hersteld moeten worden. In een aantal gevallen is dat niet (volledig) mogelijk. In dat geval zal de doelvegetatie een andere zijn dan de oorspronkelijke. Tenslotte is er nog de mogelijkheid dat het beheersdoel niet de PNV is maar een andere vegetatie. Hiervoor kan men verschillende redenen hebben, zoals het vergroten van de landschappelijke variatie; het in stand houden van semi-cultuurlandschappen (heide) of open gebieden (hoogveen, schraalgraslanden); of het bevorderen van zeldzame soorten.

In alle gevallen echter is een grondige kennis van de groeiplaats met de daarbij behorende hydrologie en natuurlijke vegetatie onontbeerlijk.

5.3. Relatie broekbossen en groeiplaatsen

De twee belangrijkste voorwaarden voor het voorkomen van broekbossen zijn waterverzadiging van de bovengrond gedurende een groot deel van het jaar én het ontbreken van heftige waterbewegingen.

Broekbossen komen voor in drie landschapstypen met duidelijk verschillende abiotische karakteristieken, resulterend in verschillende broekbostypen (Tabel 5.1). De indeling van Tabel 5.1 toont aan dat er een duidelijke relatie is tussen de abiotische en biotische factoren. Elzenbroek komt voor in de rijkere ecosystemen waar het bos in contact staat met grond- of oppervlaktewater zoals in de beekdalen. Berkenbroek komt voor op voedselarme plaatsen waar het bos in contact staat met regenwater zoals op randen van hoogvenen. In de laagveengebieden kunnen beide bostypen voorkomen. Daar bestaat de mogelijkheid dat het elzenbroek langzaam vervangen wordt door berkenbroek als de verlanding voortschrijdt en het eutrofe en basenrijke oppervlakte- of grondwater steeds verder buiten bereik van de wortels komt.

Tabel 5.1. Eigenschappen van de drie hoofdsystemen waar broekbossen voorkomen
(Bron: Clerkx et al., 1994)

Hoofdsystemen	Geomorfologie karakter	Systeem-	Voedingswater	Bodem	Vegetatie
Beekdalen	dalvormige laagten	klein, open met doorstroming beekwater	diep en lokaal grondwater en	dun (bos)veen op mineraal	elzenbroekbos
Laagveen-gebieden	laaggelegen maritieme of fluviaatiele vlakten	groot, halfopen	rivier-, grond- en regenwater (mengwater)	riet/zeggeveen bosveen (hoogveen)	elzen- en berkenbroekbos
Hoogveenranden en vennen	relatief hooggelegen geïsoleerde laagten of plateaus	klein, gesloten	regenwater	veenmosveen hoogveen	berkenbroekbos

De broekbossen verschillen van de ooibossen, waarin ook regelmatig waterverzadigde condities in de wortelzone voorkomen, in de dynamiek van de waterbeweging. Bij de ooibossen bestaat een hoge dynamiek waardoor in het profiel sterkere oxidatieve omstandigheden heersen en er geen of weinig organische stofophoping plaatsvindt; bij de broekbossen een lage dynamiek met stagnerend water en sterk gereduceerde omstandigheden in het bodemprofiel. Hierdoor is organische stof ophoping mogelijk.

De organische stof ophoping hangt sterk samen met het systeemkarakter en het bostype. Behalve reducerende omstandigheden is de voedselrijkdom van belang. Ook onder reducerende omstandigheden vindt er afbraak van organische stof plaats, reducerende omstandigheden remmen de afbraak maar stoppen de afbraak niet. De afbraaksnelheid is verder afhankelijk van de voedingstoestand, de zuurgraad en de temperatuur. Organische stof ophoping (veenvorming) vindt plaats als de productie van organische stof de afbraak overtreft. Organische stofafbraak in elzenbroekbossen is vanwege de grotere voedselrijkdom sneller dan in berkenbroekbossen bij gelijke reducerende omstandigheden, maar ook de organische stof productie is daar in het algemeen groter. Zowel in elzenbroekbossen als in berkenbroekbossen is de organische laag meestal dun omdat de gunstige omstandigheden voor deze bossen voorbijgaan door de organische stofophoping zelf. Elzenbos gaat over in berkenbos als de toevoer van eutroof water door toenemende dikte van de veenlaag afneemt en de omstandigheden voor berkenbos worden steeds moeilijker bij toenemende laagdikte door een combinatie van oligotrofie en zuurstofgebrek als gevolg van de afdekkende werking van veenmos. De dikste veenlagen worden gevonden onder boomloos hoogveen, ontstaan uit veenmos, dat zeer langzaam groeit (lage productie en zeer lage afbraaksnelheid), maar waarvoor de gunstige omstandigheden veel eeuwen kunnen voortduren. Een normale sequentie in zo'n veenlaag is bosveen onderaan (eerst els dan berk) en veenmosveen bovenop. In Bijlage 6 worden humusprofielen meer gedetailleerd besproken.

De open systemen hebben een grotere toevoer van voedingsstoffen en daardoor een rijkere bosvegetatie (els) en een hogere productie van organische stof dan de gesloten systemen. De veenlagen zijn echter meestal dun in de elzenbroekbossen vergeleken met de berkenbroekbossen van de gesloten voedselarme systemen waar de organische stofproductie gemiddeld lager is. De bepalende factor is de afbraaksnelheid van de organische stof die in de hoogvenen aanzienlijk lager is dan in de laagvenen door het verschil in voedselrijkdom van het substraat.

Binnen Nederland spelen temperatuurverschillen een ondergeschikte rol. Vergelijkt men echter koude, gematigde en tropische streken dan ziet men dat naar de tropen toe het steeds moeilijker wordt om veenvorming te krijgen. In de koude streken komt al veenvorming voor op rijke substraten, zelfs als de waterverzadiging niet permanent is (toendra); in Nederland is onder voedselrijke omstandigheden een permanente waterverzadiging vereist en een zeer lage redoxpotentiaal om een geringe organische stofophoping te verkrijgen (elzenbroek); en in de

tropen is behalve een permanente verzadiging met stagnerend water, een extreem arm en zuur substraat vereist voor veenvorming.

6. SPECIFIEKE KENMERKEN VAN ELZEN- EN BERKENBROEKBOSSEN

6.1. De elzenbroekbossen

De ecologie van de elzenbroekbossen wordt uitgebreid beschreven door Clercx et al. (1994). De aanwezigheid van lithotroof water in de wortelzone is een belangrijke voorwaarde voor een goede groei van het elzenbos.

In beekdalen in het Pleistocene gebied zijn de bomen in het algemeen hoger dan in het Holocene gebied en ze hebben een hogere hoogte-diameter ratio h/d. De meest typische begroeiing in het Pleistocene gebied is het Gewoon-Elzenbroek of het Elzenzegge-Elzenbroek. In oude bossen kunnen grote hoeveelheden stamhout voorkomen, tot ruim 500 m³/ha bij 1200 bomen/ha, bij een gemiddelde dbh van 23 cm, een gemiddelde hoogte van 20.2 m, een dominante hoogte van 21.6 m, een grondvlak van 52 m²/ha en een gemiddelde aanwas van 7.6 m³.ha⁻¹.j⁻¹. Volgens van den Burg (1978) is de absolute boniteit voor zwarte els op geschikte gronden gemiddeld 6-8.5 m³.ha⁻¹.j⁻¹. Clercx et al. (1994) geven maximale aanwascijfers van 7-15 m³.ha⁻¹.j⁻¹ in beekbegeleidende bossen en op laagveen tussen 3 en 7 m³.ha⁻¹.j⁻¹ en daarmee hogere cijfers dan Van den Burg. Kwel is een voorwaarde voor hoge producties bij els. Dan is de ionratio $100 \cdot (Ca/(Ca+Cl))$ in de bodemoplossing > 60. De pH-KCl van de laag 5-25 cm is bij bossen met de hoogste boniteit >4; de C/N waarde is meestal < 12, de C/P verhouding < 300 en het organische stofgehalte is meestal <60 % (veraarding!).

Het laagveengebied in het Holocene deel van Nederland heeft een eigen karakter met als meest typische begroeiing het Moerasveen-Elzenbroek. In totaal is er nu in Nederland ca 4000 ha laagveenbroekbos (voornamelijk elzen), waarvan ruwweg 1/3 in de Wieden, 1/3 in de Weerribben en 1/3 in het Utrechts-Hollands laagveengebied. Op veel plaatsen is de watertoevoer sterk verminderd door ruilverkaveling, het graven van kanalen, etc. In de Weerribben en de Wieden is de watertoevoer verminderd door de toegenomen inzijging als gevolg van de aanleg van de Noordoostpolder.

Door cultuurtechnische maatregelen is er in veel broekbossen sprake van grondwaterstandsaling en van een duidelijke afname van de waterkwaliteit. Zowel verdroging als waterverontreiniging hebben ertoe bijgedragen dat een groot deel van het broekbos sterk is verruigd door het massaal optreden van Grote Brandnetel (*Urtica dioica*) en Gewone Braam (*Rubus fruticosus*) (Clercx et al., 1994).

Volgens van der Werf (1991) wordt de grootste bedreiging van de elzenbroekbossen gevormd door de ontwatering. Hierdoor verdwijnen eerst tal van moerasplanten, waaronder vooral de meest karakteristieke. De daling van het waterpeil geeft uitdroging van de bovengrond met als gevolg afbraak van veen en humus, mineralisatie, eutrofiëring, en daardoor een verruiging die praktisch onomkeerbaar is. Als de daling snel is kunnen bomen afsterven. Elzenbossen worden verder sterk bedreigd door bemesting van omringende weiden. Ook als de bossen niet direct grenzen aan bemest weiland kan eutrofiëring optreden doordat door mest verontreinigd water naar het laagste punt, i.c. het elzenbroek zakt. Verder worden kleine bosjes niet zelden als stortplaats gebruikt. Andere bedreigingen zijn beschadiging van oevers door vissers en soms bemesting van viswater, verder vertrapping en bemesting door vee, vooral in droge zomers.

Mogelijke beheersmaatregelen voor de broekbossen in het Pleistocene gebied zijn de aanleg van bufferzones en beheersing (of liever het weer natuurlijk maken) van de waterhuishouding. De aanplant van populieren dient te worden vermeden, ook vanuit het oogpunt van houtproductie is populierenteelt op deze gronden geen goede zaak omdat door de hoge grondwaterstanden de opbrengsten, zelfs van populier, laag zijn. Meer reservaten zijn nodig met uitlopen naar hoger terrein en naar lager terrein (open water of moeras). Op sommige plaatsen is het gunstig om de hakhoutcultuur voort te zetten, zeker indien een interessant flora aanwezig is (bijvoorbeeld epifyten op stobben). Hierbij moet echter opgepast worden voor te sterke ingrepen (verruiging).

Mogelijke maatregelen om de waterhuishouding in elzenbroekbossen te verbeteren zijn:

- het inlaten van water om waterstandsverlagingen tegen te gaan
- het zuiveren (vooral defosfateren) van het in te laten water
- hydrologische isolatie van het gebied bijvoorbeeld door het onderhoud van sloten stop te zetten; het gevaar hiervan is echter verzuring en hoogveenvorming, zoals plaatselijk optreedt in de Weerribben en in het Naardermeer. Beter is het om de kwelstroom weer te versterken of de inzijging te verminderen, door bijvoorbeeld in de omliggende gebieden de ontwatering te verslechteren.

6.2. De berkenbroekbossen

De berkenbroekbossen worden hier wat uitgebreider behandeld omdat aan de berkenbroekbossen in de rest van dit pre-advies minder aandacht besteed wordt dan aan de elzenbroekbossen. Berkenbroekbossen komen van nature voor op de randen van hoogveencomplexen en van vennen. Door ingrepen van de mens is uitbreiding van berkenbroek over vroegere open hoogveencomplexen mogelijk geworden. Door deze verwevenheid van berkenbroek en hoogveen en de wederzijdse beïnvloeding zal hier ook aan het hoogveen als zodanig enige aandacht geschonken worden. Voor meer informatie zie het recent verschenen pre-advies hoogvenen.

Clerkx et al. (1994) vonden in de gemeten berkenbossen een maximale aanwas tussen 1 en 6 m³/ha.j. Volgens Lammerts van Bueren (1967) kunnen in Nederland producties van 6-8 m³/ha.j gehaald worden op goede leemhoudende losse gronden met een pH-KCl > 5. De bomen worden doorgaans 60-80 jaar, soms 100-150 jaar oud. In Nederland doet de zachte berk niet onder voor ruwe berk, in Zweden en Finland blijkt de ruwe berk tweemaal zoveel hout te produceren. In Nederland is de productie hoger dan in Scandinavië door het warmere klimaat. De relatief hoge opbrengsten gegeven door Lammerts van Bueren (1967) zijn echter niet in natte berkenbroeken bereikt.

Clerkx et al. (1994) geven aan dat veel van de huidige berkenbroekbossen van recente datum zijn. Vanaf het moment dat de hoogvenen werden ontwaterd is relatief veel berkenbroekbos ontstaan. De meeste berkenbossen zijn na 1950 opgeslagen. Voor die tijd waren de meeste gebieden nog in verving en werd berkenopslag bestreden. Alleen het Stobbeveen in het Haaksbergerveen heeft een berkenbroekbos dat al in de jaren dertig ontstaan is. Wanneer zich eenmaal een berkenbroekbos heeft ontwikkeld, kan dit zich meestal handhaven wanneer de oorspronkelijke hydrologische omstandigheden, met water tot in het maaiveld, terugkeren. Voorbeelden van dergelijke natte berkenbosjes komen voor in het Vragenderveen en in het Wooldse Veen. De berken worden slechts enkele meters hoog. Wanneer de waterstand wordt opgezet tot boven het maaiveld sterven de berken massaal af (Grootvenbos in Deurnse Peel, Bargerveen en Haaksbergerveen).

De uitgebreide Nederlandse hoogveencomplexen werden gevormd onder koelere en nattere klimaatsomstandigheden. Liefst 1 000 000 ha is bedekt geweest met hoogveen. In Noord en West Nederland was het landoppervlak grotendeels onder een hoogveendek verdwenen. Op het niet door de mens beïnvloede hoogveen was slechts aan de randen enige berkenopslag aanwezig. Van de boomsoorten is alleen de zachte berk in staat onder de zure, voedselarme en extreem natte omstandigheden van het hoogveenmilieu te overleven maar zelfs de zachte berk krijgt in levend hoogveen nauwelijks een kans door de extreme milieuomstandigheden

Hoogveenvorming

Het Nederlandse klimaat is marginaal voor hoogveenvorming. Wanneer de afbraak van dood plantaardig materiaal langzamer verloopt dan de aanvoer, treedt veenvorming op. De afbraaksnelheid is afhankelijk van de beschikbaarheid van zuurstof, de voedselrijkdom van de bodem en de temperatuur (Scheffer et al. 1982; Stevenson 1982). Ook de zuurgraad is van belang, onder zure omstandigheden is de decompositie langzamer. Om de beschikbaarheid van zuurstof te beperken is waterverzadiging vereist.

Volgens Streefkerk en Casparie (1987) moet de gemiddelde neerslag 700 mm/j bedragen en de neerslag in de zomerperiode 360 mm om hoogveenvorming mogelijk te maken. Bovendien mag de gemiddelde juli temperatuur niet hoger zijn dan 17° en de jaartemp. niet hoger dan 9° C zijn. Onder deze omstandigheden zou de openwaterverdamping in het zomerhalfjaar ongeveer overeenkomen met 560-580 mm en het potentieel neerslagtekort zou zijn 210 mm, hetwelk op te vangen zou zijn door de verzadigde veenmosvegetatie. Drenthe blijft ruim binnen deze grenzen met een verdamping in de zomer van 560 mm, een neerslag van 450 en dus met een neerslagtekort van 110 mm. De waarden in Oost-Brabant (de Peel) liggen echter gemiddeld net onder deze grenzen, waardoor dit gebied volgens deze criteria marginaal voor hoogveenvorming is.

Ecologisch zijn echter niet zozeer de gemiddelden als wel de extremen van belang. Streefkerk en Casparie (1987) merken op dat er in Nederland op grond van periodieke fluctuaties in neerslag en temperatuur gedurende kortere of langere tijd geen hoogveenvormende condities heersen. Zeker de Peel zou met zijn marginale neerslagoverschot zeer gevoelig zijn voor opeenvolgende perioden met extreme droogte. Grote hoogveengebieden zijn echter, ondanks hun afhankelijkheid van het neerslagoverschot, in principe in staat neerslagtekorten op te vangen door zwel en krimp van de hoogveenkoepel, tijdens natte respectievelijk droge perioden (Streefkerk & Casparie, 1987); dit verschijnsel wordt 'Mooratmung' genoemd.

Het klimaat schijnt sinds het Subboreaal (200 voor Chr.) nauwelijks veranderd te zijn. Onder invloed van het broeikaseffect worden door sommige auteurs veranderingen verwacht naar een warmer en droger klimaat. Hierdoor zouden onze zuidelijke hoogveenresten (Peel) geheel kunnen verdwijnen (Vermeer & Joosten, 1992).

Waar door verdroging de hoogveengroei gestopt is kan door het opnieuw graven van petgaten (van enkele vierkante meters tot enkele hectaren) de successie opnieuw ingezet worden en kan de veenmosgroei weer op gang gebracht worden. Ook kan, wanneer het veen irreversibel verdroogd is, vernatting worden bevorderd door de bovenlaag er af het ware af te schillen, mits het onderliggende veen nog dik genoeg is. Wel dient de beheerder zich te realiseren dat de kans op succes van deze maatregelen in het midden van het veen veel groter is dan aan de randen waar berkenbroek van nature voorkomt en als zodanig bijdraagt aan de natuurlijke variatie.

Beheer

"De natuurwaarde van de hoogveenbossen kan men, afhankelijk van positie van het bos ten opzichte van het meest centrale, oligotrofe en natte deel van het veen, verschillend beoordelen. Het voorkomen van bos op hoogveenrestanten in ons land wijst op gestoorde situaties, met uitzondering van de begroeiing van hoogvee RANDEN met het Gagel-Berkenbos. Wanneer berkenbroekbossen ook in de hoogveenkern voorkomen moet het hoogveen als geheel veel minder hoog worden aangeslagen. Bosgroei op hoogveen wijst op verdroging en is dus een slecht teken. Het beheer dient erop gericht te zijn de nog resterende levende hoogveenkernen in Nederland en nabije omgeving van de algehele ondergang te redden" (Joosten 1992; De Bruyn 1993, in Clerkx et al. 1994, p. 327).

In geen enkel berkenbos op hoogveen wordt een actief bosbeheer gevoerd. Het beheer van hoogvenen is gericht op herstel van het karakteristieke hoogveenmilieu, het weer op gang brengen van veenmosgroei, en het herstellen of handhaven van het open karakter van het hoogveenlandschap. Dit streven naar open hoogveenlandschappen heeft ertoe geleid dat de omstreeks 1950 ingezette toename van het Nederlandse berkenbroekbosareaal inmiddels is veranderd in een afname. Gebieden waar men het bestaande berkenbos ter wille van de differentiatie ook centraal in het veen toelaat, zijn het Haaksbergerveen, Vragenderveen, Wooldse Veen, Meddose Veen, de Mariapeel en de Deurnese Peel. Het Grootvenbos (Deurnse Peel) en enkele delen van de Mariapeel zijn aangewezen als bosreservaat, d.w.z. dat hier een actief intern bosbeheer achterwege blijft (Clerkx et al., 1994).

De rond voedselarme vennen gelegen smalle veenstroken zijn van nature deels met berkenbroek begroeid. Tegenwoordig zijn er in Nederland echter maar weinig van zulke venbegeleidende berkenbroekbosjes te vinden. De meeste terreinbeheerders tolereren hier namelijk geen

berkenbos omdat dit de lichtval in het ven vermindert, hetgeen een vermindering van de soortenrijkdom van de aan de rand van het ven gelegen moerasvegetatie veroorzaakt en een niet wenselijke verrijking van het venmilieu bevordert (bladval).

Gagel-Berkenbos van de veenranden kan verdroogd zijn tot Pijpestrootje-Berkenbos. Door afgraving kan de kwel weer opgezocht worden, waardoor de gagelvegetatie weer opbloeit. Wel dient een dergelijke ingreep kleinschalig te worden uitgetoet.

Het kappen van berken op sterk verdroogde veendijken met Struikhei-Berkenbos wordt afgeraden. Karakteristiek voor dit bostype, dat onder andere nog in geringe oppervlakken in het Haaksbergerveen en het Vragenderveen voorkomt, is de zeldzame Rijsbes. Deze soort reageert echter negatief op een verhoogde lichttoetreding en gaat dus na kap van de beschermende boomlaag achteruit.

De bestrijding van berkenopslag op de overige groeiplaatsen waar men boomloos hoogveen wenst, geschiedt door middel van begrazing of door het afzagen, uittrekken of uitgraven van berkeboompjes. Het opruimen van berkenopslag en berkenbos in de centrale gedeelten van het veen levert ook een positieve bijdrage aan de voor hoogveengroei noodzakelijke hoge grondwaterstand. Het waterverlies via de verdamping door de vegetatie (evapotranspiratie) wordt immers verkleind.

Vooraf in de meest droge, gedegradeerde hoogveengebieden moet een voortdurende strijd geleverd worden tegen de natuurlijke ontwikkeling naar berkenbos. Een verhoging van de waterstand tot aan (of liever boven) het maaiveld kan tot gevolg hebben dat het berkenbroekbos afsterft. Nieuw bos kan zich bij dergelijk hoge waterstanden slechts moeizaam of zelfs in het geheel niet vestigen (Clerkx et al., 1994).

7. HET FAUNA ASPECT: BODEMORGANISMEN ONDER VERMESTING, VERZURING EN VERDROGING

H.A. Verhoef

7.1. Vermesting

In algemene zin wordt gesteld m.b.t. directe effecten van verhoogde stikstofdepositie op bodemfauna, dat aantallen en diversiteit van verschillende bodemorganismen (o.a. nematoden, springstaarten, mijten, sprinkhanen) afnemen bij een verhoogde depositie (Denneman & Torenbeek, 1987). In laboratoriumexperimenten is vastgesteld dat het positieve effect dat bodemdieren (zoals springstaarten) hebben op de mobilisatie van NH_4 , NO_3 , K, Ca, en Mg uit dennenstrooisel, verdwijnt bij N-depositie (Verhoef & Meintser, 1991). Dit betreft fragmentatiemateriaal. Decompositie van dergelijke latere afbraakstadia wordt bij N-depositie geremd, terwijl die van de vroege afbraakstadia (versgevalen strooisel) juist wordt versneld (Fog, 1988). Hier speelt waarschijnlijk het effect van N-depositie op schimmels een belangrijke rol. N-depositie blijkt nl. een sterk negatief effect te hebben op saprofytische, zowel als ectomycorrhiza schimmels (Termoshuizen & Schaffer, 1991; Arnebrandt et al., 1990). Negatieve effecten op ligninase-producerende schimmels, die de afbraaksnelheid van de latere decompositiestadia beïnvloeden, kunnen de reden zijn van de vertraagde decompositie, zoals vastgesteld is in de fragmentatielaag van dennenbosbodems.

Deze respons van schimmels op N-depositie heeft vervolgens implicaties voor het bodemvoedselweb. In deze webben lijkt onder stikstofrijke omstandigheden een verschuiving op te treden tussen de twee voornaamste routes, nl. de bacterie- en de schimmel-gedomineerde afbraakroute (Verhoef & Brussaard, 1990). Onder stikstofrijke omstandigheden neemt de bacterie-route in betekenis toe, hetgeen zijn weerslag vindt in de verhoudingen binnen het voedselweb. Deze dominantie van bacteriën heeft weer effect op de abundantie en samenstelling van de hogere trofische niveaus, zoals de nematoden (zie o.a. Ettema & Bongers, 1993).

Onderzoek naar de effecten van het **verlagen** van de N-depositie in bossystemen (zoals *Pinus sylvestris*) met een langdurige hoge N-belasting, is uitgevoerd m.b.v. een dakconstructie onder het kronendak. De lokale N-depositie van 58 kg N/ha/j kan zo worden vergeleken met een sterk gereduceerde N-depositie van <6 kg N/ha/j. In dit onderzoek is vastgesteld voor bodemmicroarthropoden, zoals mijten en springstaarten, dat bij reductie van N-input de diversiteit toeneemt. Dit werd vooral veroorzaakt door afnemende dominantie van bepaalde soorten bij een gelijkblijvend soortenaantal (Hogervorst et al., 1995). Het mechanisme hierachter is waarschijnlijk terugkerende competitie tussen de soorten na reductie in N-depositie (Hågvar, 1990). Overigens keerden niet alle soorten die verdwenen waren terug in de gebieden met verlaagde N-input. Hieraan is waarschijnlijk de nog steeds hoge N-concentratie in het strooisel debet, en bezitten deze bodems, ook bij verlaagde N-depositie, nog lange tijd een afwijkende bodemfauna.

7.2. Verzuring

De effecten van verzuring op in bosbodems levende arthropodengemeenschappen zijn niet altijd eenduidig. Afhankelijk van de samenstelling van zuur-gevoelige en acidofiele soorten zal zure depositie een positief dan wel een negatief effect hebben op de dichtheid van de bodemgemeenschap. Een lichte mate van verzuring, m.b.v. gesimuleerde zure regen, veroorzaakt een toename van enkele acidofiele soorten, terwijl de zuur-gevoelige soorten afnemen in aantal (Hågvar, 1984). Uit een recent verschenen publicatie naar de pH-gevoeligheid van microarthropoden kan worden vastgesteld dat er acidofiele, zuurgevoelige en zuur-indifferent microarthropoden zijn (van Straalen & Verhoef, 1997). In naaldbossen op zure zandgronden leeft een groot aantal soorten nematoden op de rand van hun tolerantiegrens. Verdergaande verzuring heeft hier grote gevolgen voor de nematodensamenstelling (Bongers & Schouten, 1991). Hetzelfde geldt voor cryptostigmatide mijten. Een belangrijk effect van verzuring is die op de uitspoeling van kationen uit de bodem. Hierdoor kan een tekort ontstaan in beschikbaarheid van een nutriënt, waardoor bepaalde bodemdieren in aantal achteruitgaan. Dit is vastgesteld bij de

cryptostigmatide mijt *Platynothrus peltifer*, waarvan de aantallen sterk omlaag gaan bij toenemende verzuring, waarschijnlijk vanwege Mn-tekort (Hogervorst et al., 1993). Anderzijds kan verzuring ook mobilisatie van toxische zware metalen veroorzaken, waardoor bij de regenworm *Lumbricus rubellus* verhoogde opname van Pb en Cd is vastgesteld. Voor regenwormen is te verwachten dat pH-daling leidt tot een hogere beschikbaarheid van deze metalen in de bodem, omdat deze dieren de metalen grotendeels uit het bodemvocht opnemen. Voor bodemarthropoden geldt dit minder: ze nemen contaminanten vooral op na ingestie van organisch materiaal waardoor de situatie in het darmkanaal bepalend is voor de opname (van Straalen & Bergema, 1991).

7.3. Verdroging

In veel natuurgebieden is de grondwaterstand gedaald, waardoor de bodem veel droger is geworden. Dit heeft niet alleen gevolgen voor de vochthuishouding van de vegetatie, maar ook voor de stofkringlopen in de bodem, die bij matige uitdroging worden gestimuleerd, maar bij zeer sterke uitdroging worden geremd. Bij daling van de grondwaterspiegel wordt de bodem beter geaëreerd, waardoor de zuurstofbeschikbaarheid van de reducenten toeneemt. Ook neemt de bodemtemperatuur in het voorjaar sneller toe, doordat de warmtecapaciteit van de bodem vermindert. Beide effecten leiden tot een verhoging van de decompositiesnelheid en een snellere mineralisatie van organisch materiaal. Vaak zien we dat verdroging als indirect effect eutrofiëring met zich meebrengt.

In de volgende tabel is een serie bossystemen weergegeven die loopt van droog (Kussentjes Dennenbos) naar vochtig (Moeras Elzen). De dichtheid van 3 groepen bodemdieren is tevens weergegeven: nl. Arachnida, Carabidae en Gastropoda. In deze groepen is een verloop te constateren van de soorten langs de bosgradiënt, die wellicht als indicator van veranderende vochtigheid binnen één bostype zou kunnen worden toegepast (M.P. Berg; unpublished data). De gepresenteerde diergroepen zijn om diverse redenen geschikt om als indicator dienst te doen.

Spinnen (Araneae) komen zeer algemeen voor in terrestrische systemen. De meeste soorten spinnen zijn het hele jaar door aanwezig en kunnen maandelijks bemonsterd worden, terwijl soorten die alleen gedurende de zomer en de herfst als adult aanwezig zijn, beter geschikt zijn voor jaarlijkse bemonstering.

Loopkevers (Carabidae) vormen één van de soortenrijkste groepen binnen de kevers. Er komen in Nederland ongeveer 340 soorten loopkevers voor. Loopkevers zijn snelle rovers die op of in de bodem actief naar voedsel zoeken. Hun dieet bestaat voornamelijk uit insecten en hun larven, pissebedden, slakken en wormen, soms aangevuld met plantaardig materiaal zoals zaden. Het voorjaar en het najaar zijn de perioden waarin de Carabidae het meest actief zijn en de meeste soorten kunnen dan ook gekarakteriseerd worden als een typische voorjaars- of najaarssoort. De winter wordt grotendeels doorgebracht in het eistadium of als adult. Loopkevers zijn, op enkele uitzonderingen na, nachtactief met als voornaamste activiteitenperioden de uren net na en net voor zonsopgang. Voor de in Nederland voorkomende loopkevers bestaan goede en toegankelijke determinatietabellen. De verscheidenheid binnen deze groep wat betreft aanpassing aan abiotische factoren als vocht, temperatuur en bodemstructuur is groot. Dit maakt deze groep geschikt als indicator (zie Tabel 7.1). Verder worden herbivore, carnivore en detrivore subgroepen onderscheiden; veel loopkeversoorten blijken overigens omnivoor. Bemonstering kan het gehele jaar door plaatsvinden; dit gebeurt meestal met behulp van zogeheten pitfall traps.

Slakken (Gastropoda) consumeren levend of versgefallen blad en spelen een belangrijke rol in de decompositie. In sommige bossen consumeren ze tot 10% van de jaarlijkse bladval.

Tabel 7.1. Serie bossystemen van droog (Kussentjesdennenbos) naar vochtig (Moeraselzenbos) en het voorkomen van vertegenwoordigers van de Araneae (Echte spinnen), Carabidae (Loopkevers), en Gastropoda (Slakken). Aantal individuen per uur per 10 personen. De blokken geven de droogteminnende, de indifferente en de droogtegevoelige soorten aan. (M.P. Berg, persoonlijke mededeling)

Bostype	Kussentjes Dennenbos	Droog Eiken Beuken-bos	Gierst-gras Beuken-bos	Haag beuken Eiken-bos	Elzen bron bos	Schiet wilgen bos	Moeras Elzen bos
% Bedekking							
Boom	15	85	90	90	70	50	80
Struik	0	0	0	5	1	0	2
Kruid	30	1	0	40	40	75	40
Mos	41	0	0	0	1	1	0
Profiel							
L-Horizont	0.5	1	1	0.5	3	1	4
F-Horizont	5	4.5	6	4	0	0	5
H-Horizont	0.5	1	2	2.5	0	0	1
Inspoel	1.5	6	2	3	0	0	0
Textuur	Grof zand	Zand/kiezel	Zand/leem	Kei-leem	(Zand)/ klei	Klei	Veen

Araneae

Hahnia helveola	4	0	0	0	0	0	0
Trochosa terricola	3	0	0	0	0	0	0
Agroeca brunnea	2	0	0	0	0	0	0
Amaurobius fenestralis	2	0	0	0	0	0	0
Episinus spec	1	0	0	0	0	0	0
Euophrys frontalis	1	0	0	0	0	0	0
Maro muscosa	1	0	0	0	0	0	0
Neriere clathrata	1	0	0	0	0	0	0
Padosar lugubris	1	0	0	0	0	0	0
Tapinopa longidens	1	0	0	0	0	0	0
Walckenaeria acuminata	1	0	0	0	0	0	0
Zora spiniamana	1	0	0	0	0	0	0
Meta segmentata	1	0	0	0	0	0	2
Coelotes spec	0	2	0	0	0	0	0
Lepthyphantes flavipes	0	2	0	0	0	0	0
Neon reticulatum	0	2	0	0	0	0	0
Porrhomma pallidum	0	1	0	0	0	0	0
Hahnia montana	0	15	6	1	0	0	2
Macrargus rufus	0	1	1	1	0	0	0
Microneta viaria	0	7	3	0	0	0	1
Robertus lividus	0	2	1	0	0	0	1
Diplocephalus picinus	0	0	9	0	0	0	0
Theridion palidum	0	0	2	0	0	0	0
Coelotes terrestris	1	0	3	1	0	0	0
Centromerus sylvaticus	0	0	0	1	0	0	0
Lepthyph. zimmermanni	0	0	0	1	0	0	0
Micrargus herbigradus	0	0	0	1	0	0	0
Amaurobius spec	0	0	0	2	0	0	0
Pachygnatha listeri	0	0	0	1	0	0	2
Saarioa abnormis	0	3	0	0	1	0	0
Centromerus dilutus	0	0	0	0	1	0	0
Centromerus sylvaticus	0	0	0	0	2	0	0
Neriere clathrata	0	0	0	0	1	0	0
Pirata hygrophilus	0	0	0	0	2	0	8

Tegenaria silvestris	0	0	0	0	1	0	0
Textrix denticulata	0	0	0	0	5	0	0
Araneus spec	0	0	0	0	0	1	0
Gongylidium rufipes	0	0	0	0	0	13	0
Bathyp. approximatus	0	0	0	0	0	8	0
Neriere spec	0	0	0	0	0	7	0
Porrhomma spec	0	0	0	0	0	6	0
Tetragnatha montana	0	0	0	0	0	3	0
Erigone atra	0	0	0	0	0	2	0
Bathypantes gracilis	0	0	0	0	0	2	0
Diplocephalus concolor	0	0	0	0	0	2	0
Leptorhoptrum robustum	0	0	0	0	0	1	0
Trochosa ruricola	0	0	0	0	0	1	0
Pachygnatha clercki	0	0	0	0	0	2	4
Metellina menzei	0	0	0	0	0	0	9
Bathypantes nigrinus	0	0	0	0	0	0	3
Clubiona lutescens	0	0	0	0	0	0	2
Philodromus spec	0	0	0	0	0	0	2
Oxyopes ramosus	0	0	0	0	0	0	1
Diplocephalus con	0	0	0	0	0	0	1
Metellina merianae	0	0	0	0	0	0	1
Tetragnatha nigrita	0	0	0	0	0	0	1

Carabidae

Carabus problematicus	1	0	0	0	0	0	0
Notiophilus biggutatus	0	7	0	0	0	0	0
Notiophilus rufipes	0	6	0	0	0	0	0
Nebria brevicollis	0	2	0	0	0	0	0
Amara plebeja	0	1	0	0	0	0	0
Pterost. oblongopunctatus	0	1	3	0	0	0	0
Leistus rufomarginatus	0	3	0	2	0	0	0
Carabus violaceus	0	0	1	0	0	0	0
Abax ater	0	0	4	2	0	0	0
Clivina fossor	0	0	0	1	0	0	1
Carabus auratus	0	0	0	0	1	0	0
Agonum assimile	0	0	0	0	2	0	10
Bembidion biggutatum	0	0	0	0	3	0	35
Carabus granulatus	0	0	0	0	2	0	2
Agonum fuliginosum	0	0	0	0	2	12	14
Pterostichus minor	0	0	0	0	0	1	4
Pterostichus strenuus	0	0	0	0	0	0	8
Agonum obscurum	0	0	0	0	0	0	4
Bembidion denticulatus	0	0	0	0	0	0	3
Bembidion varium	0	0	0	0	0	0	3
Badister unipustulatus	0	0	0	0	0	0	1
Notiophilus substriatus	0	0	0	0	0	0	1
Badister dilatatus	0	0	0	0	0	0	1

Gastropoda

Limax flavus	1	0	0	0	0	0	0
Aegopinella nitens	1	0	0	0	0	0	0
Limax cinereoniger	0	1	0	0	0	0	0
Arion sylvaticus	0	5	0	7	2	0	0
Arion subfuscus	10	3	3	0	5	0	0
Discus rotundatus	0	0	17	0	80	15	0
Oxychilus alliarius	0	0	8	0	0	15	0
Arion ater	0	0	0	1	1	0	3
Limax maximus	0	0	0	1	0	0	0

Arianta arbustorum	0	0	0	0	1	2	0
Cepea nemoralis	0	0	0	0	0	1	0
Perforatella rubiginosa	0	0	0	0	0	0	13
Zonitoides nitidus	0	0	0	0	0	0	5
Succinea putris	0	0	0	0	0	0	8
Deroceras laeve	0	0	0	0	0	0	1
Carychium tridentatum	0	0	0	0	0	0	1
Ena obscura	0	0	0	0	0	0	1

Algemeen kan worden gesteld dat bodemfauna direct dan wel indirect (dit laatste meestal via het voedsel) reageert op verstoring van het leefmilieu door bijvoorbeeld vermesting, verdroging of verzuring. Meestal is dit terug te vinden in de soortensamenstelling (bijvoorbeeld via de diversiteitsindex, de maturity index, de voedselwebstructuur), de aantallen individuen (bijvoorbeeld via de relatieve dichtheid) of de aantalsfluctuaties (groeisnelheid, tijd van reproductie). Het feit dat deze reacties veelal de resultaten zijn van meerdere, tegelijk optredende factoren, maakt de bodemfauna tot een biologisch belangrijke indicator van verstoring en herstel.

8. BELEIDSASPECTEN

8.1. Beleidsvoornemen droogtebestrijding

Beugelink en Claessen (1995) stellen dat het theoretisch mogelijk is de 25% doelstelling ter vermindering van de verdroging in Nederland te realiseren, maar dat, gezien de omvang van de maatregelen en de problemen waar dat in de praktijk op zal stuiten, het niet waarschijnlijk is dat de doelstelling in 2000 zal worden gehaald. Globale ramingen zijn nu (Beugelink & Claessen, 1996) dat wellicht maar 4-6% reductie gerealiseerd wordt in het jaar 2000. Op de in samenwerking met de provincies gemaakte "Indicatieve kaart van verdroogde gebieden met een natuurfunctie" staat dat 400 000 ha natuurgebied is aangemerkt als geheel of ten dele verdroogd. Hiervan ligt 75% binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). Dit oppervlak is aanmerkelijk groter dan het in eerdere inventarisaties geschatte oppervlak. De toename is het gevolg van de andere inventarisatiemethode. Elke provincie heeft daarbij zijn eigen criteria gebruikt. Inmiddels is een tweede, verbeterde en geactualiseerde versie van de verdrogingskaart beschikbaar gekomen (Prak, 1996). Met deze verdrogingskaart als uitgangspunt is een maatregelenpakket samengesteld dat bij uitvoering zou moeten leiden tot opheffing van de hydrologische verdroging in ca 25% van het verdroogde areaal. In dit zg. 25%-scenario zijn de volgende typen maatregelen opgenomen:

- het verhogen van het polderpeil in peilbeheerste gebieden
- het verhogen van beek- en stuwpeilen in vrij afwaterende gebieden
- het verhogen van de drainagebasis en de drainageweerstand in vrij afwaterende gebieden
- het reduceren cq., staken van een aantal grondwaterwinningen voor de openbare drinkwatervoorziening.

Een eerste ruwe verkenning heeft uitgewezen dat de grondwaterstand in de verdroogde gebieden gemiddeld met één tot twee trappen moet stijgen. Hierbij zijn de reducties in grondwaterwinningen moeilijker te realiseren dan de oppervlaktewaterwerken.

Aan genoemde maatregelen zou ook nog de hydrologische isolatie toegevoegd kunnen worden: het vasthouden van gebiedseigen water en het voorkómen van instroming van gebiedsvreemd water door middel van bufferzones, folies en damwanden. Verder is het inlaten van water een mogelijkheid om vernatting tot stand te brengen, eventueel na chemische of biologische (in moerassen) reiniging. De vernattingsmaatregelen zijn samen te vatten onder de termen: vermindering afvoer (waterconservering), vermindering onttrekking en water aanvoer.

Bij de formulering van deze maatregelen is de vereiste verhoging van de grondwaterstand gesteld op 2 Gt (grondwatertrap, zie hoofdstuk *Vernatting in multifunctionele bossen*) klassen. Voor de vereiste aanpassing van de Gt heeft de Landinrichtingsdienst ervaring ingebracht over de techniek en de kosten. Onder meer is er daarbij van uitgegaan dat voor een verhoging van de gemiddelde jaarlijkse grondwaterstand in poldergebieden met 12.5 cm een peilopzet nodig is van 25 cm.

De waterhuishoudkundige maatregelen in de studie zijn uitgewerkt voor de verdroogde natuurgebieden, die door de provincies als prioritair zijn aangemerkt, en voor een zone van 500 m daaromheen. De omvang van het maatregelengebied is daardoor ruim twee keer zo groot als het inliggende en te herstellen verdroogde gebied, resp. ca 2500 en ca 1200 km².

Wat grondwaterwinning betreft moet een reductie van 103 miljoen m³/jaar uitgevoerd worden, speciaal geconcentreerd op die plaatsen waar winning een verlaging van de grondwaterstand in verdroogde gebieden veroorzaakt, en/of de kwel in overgangszones doet afnemen. De hydrologische effecten van de maatregelen zijn berekend met het Landelijk Grondwater Model LGM van het RIVM en met DEMGEN van het RIZA. De effecten op de natuur zijn berekend met het Dosis Effect Model Natuur Terrestrisch DEMNAT.

Resultaten

Uit de berekeningen met het LGM blijkt dat door implementatie van genoemde maatregelen (Gt + 2; wateronttrekking verminderd met 103 miljoen m³/) in ruim 100 000 ha van het verdroogde areaal de GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand) voldoende omhoog komt om de

hydrologische verdroging op te heffen. Daarmee voldoet dit maatregelenpakket juist aan de eerder genoemde 25% doelstelling. Door waterhuishoudkundige maatregelen worden 42 000 natuurwaarde eenheden toegevoegd, door grondwaterwinning aanpassingen veel minder: 6800 nwe. Dit zijn de resultaten van zeer voorlopige berekeningen die nog niet geoptimaliseerd zijn.

De verdrassingsschade voor de landbouw door deze maatregelen wordt geschat op 25 miljoen gulden per jaar, terwijl de baten door verbeterde vochtvoorziening geschat worden op 5 miljoen gulden per jaar (Beugelink en Claessen, 1995).

Dit globale onderzoek toont aan wat ruwweg de mogelijkheden zijn. Geen onderscheid is gemaakt naar watertype (atmotroof of lithotroof) en naar de specifieke verschillen per gebied. Per gebied is maatwerk vereist om tot een zo goed mogelijke bestrijding van de verdroging te komen.

8.2. Het vaststellen van mate van verdroging en de effecten van vernatting

Bij alle proefopzetten en referentieobjecten moeten simpele maar statistisch correcte regels in acht worden genomen (Van der Voet & Van Wingerden 1996). Door de programmacommissie van het Nationaal Onderzoeksprogramma Verdroging (NOV) is het initiatief genomen om te komen tot voorlopige richtlijnen voor monitoring van anti-verdrogingsprojecten. Hiertoe is aan het DLO-Staringcentrum het verzoek gericht om in overleg met andere instituten en instanties een "Standaard-meetprotocol verdroging" uit te werken (Kemmers et al., 1995).

Een monitoringssysteem kan worden gedefinieerd (Jansen et al., 1983) als een ruimtelijk net van meetpunten waarop volgens een van tevoren bepaald tijdschema metingen worden verricht op zo'n manier dat daarmee veranderingen in tijd en ruimte vastgesteld kunnen worden. Voor het vaststellen van de mate van verdroging worden twee methoden gebruikt: MBI en SMV (Gieske, 1996).

De Milieubeleidsindicator (MBI) houdt in het vastleggen van de verdroging in een getal. Bij het MBI varieert de indicator tussen 0 en 1; 0 is onverdroogd, het is de GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand) van rond 1950, deze wordt als de onverdroogde situatie aangenomen. De volledig verdroogde situatie (indicator 1) is gedefinieerd als een GVG die zo diep is dat de capillaire opstijging niet meer de wortelzone (= 40 cm diepte) kan bereiken. De GVG in de volledig verdroogde situatie is weer afhankelijk van bodemsoort (stijghoogte). Is nu de GVG voor de onverdroogde en volledig verdroogde situatie vastgesteld dan kan de mate van verdroging bij een bepaalde GVG grafisch bepaald worden. Hierbij wordt een grafiek getekend met de GVG op de horizontale as en de verdrogingsindicator MBI op de verticale as, die varieert van 0 in de onverdroogde tot 1 in de volledig verdroogde situatie, waarbij een lineair verband tussen beide punten wordt aangenomen. Voor de bepaling van de MBI is slechts 1 representatief meetpunt vereist, omdat slechts waterstanden gemeten worden.

Het Standaard Meetprotocol Verdroging (SMV) geeft niet direct een maat voor de verdrogingstoestand. Het is een ecohydrologisch onderbouwd advies, welke variabelen (van grondwaterstand en calciumbezetting tot humusvorm en vegetatietype) bij welke globale standplaatscondities (infiltratie of kwel, minerale of venige bodem) en welke meetdoelstelling en budget (basis, aanbevolen, wetenschappelijk) gemonitord zouden moeten worden (Gieske, 1996). Het SMV is dus een monitoringsschema dat in aanmerking kan komen om te worden gebruikt in het vernattingsonderzoek van vegetaties.

Het Standaard Meetprotocol Verdroging vermeldt niets specifiek over bomen. Bomen onderscheiden zich van de ondergroei in hun reactie op veranderingen in de groeiplaatseigenschappen. Effecten van verdroging en vernatting zijn bij de ondergroei relatief eenvoudig vast te stellen omdat de indicatorsoorten, die de watervoorziening van de groeiplaats duidelijk indiceren, bekend zijn. Veranderingen in de waterhuishouding zijn op te sporen door het gedrag van vochtindicatorsoorten te bestuderen. Wel zal in bossen deze vochtindicatie worden beïnvloed door de interactie tussen ondergroei en bomen (Runhaar, 1989). Bomen reageren op verandering in de waterhuishouding niet door hun verschijnen of verdwijnen maar door veranderingen in groei en vitaliteit. Vernatting heeft ook een duidelijk effect op de beworteling.

Aan het weliswaar tijdrovende wortelonderzoek van bomen zal in vernattingsprojecten veel aandacht moeten worden besteed.

Voor bomen zijn de veranderingen van het vochtleverend vermogen (De Vries & Hendriks, 1996), de grondwaterstand (GHG, GLG, GVG) en de tijdsduur van overschrijdingen van belang. Voor de effectvariabelen van bomen kan worden verwezen naar Klap & Schmidt (1992), waarbij aan de groei voor en na de vernatting aandacht moet worden besteed (Olthof & Van den Burg, 1990).

Bij een anti-verdrogingproject is het doel in de meeste gevallen dat de vegetatie van hogere kwaliteit wordt door een hydrologische ingreep. Om het effect van de ingreep vast te stellen zou men kunnen volstaan met het monitoren van de vegetatie. Dit geeft echter vaak onvoldoende inzicht in de processen. Eerst zal men moeten vaststellen wat het effect van de ingreep is op de hydrologische toestand. Reageert de waterstand en de watersamenstelling volgens de verwachting op de ingreep? Zo niet dan heeft monitoring van de vegetatie geen zin. .

Bij het Standaard Meetprotocol Verdroging worden de volgende compartimenten onderscheiden: de geohydrologie, de bodem, het humusprofiel en de vegetatie. Van al deze compartimenten kunnen een aantal variabelen gemeten worden bij monitoring. Variabelen in het hydrologische compartiment worden ingreepvariabelen genoemd, variabelen in het vegetatiecompartiment eindvariabelen en variabelen in het bodem- en in het humuscompartiment tussenvariabelen. Hydrologische ingrepen beïnvloeden de bodem, de bodem beïnvloedt het humusprofiel in interactie met de vegetatie, en de hydrologie, de bodem en het humusprofiel samen zijn bepalend voor de vegetatie.

Monitoring van alleen ingreep- en eindvariabelen is een “black-box” benadering, waarmee maatregelen in veel gevallen goed geëvalueerd kunnen worden. Hierbij zijn echter weinig mogelijkheden aanwezig voor het identificeren van de abiotische processen die optreden door vernatting. Indien meer inzicht vereist is dan zullen ook variabelen uit de tussencompartimenten gemonitord moeten worden. Bovendien moet rekening gehouden worden met de langzame reactie van bomen op veranderende omstandigheden. Ook dit is een argument om ook tussenvariabelen in het onderzoek te betrekken.

Voor welke variabelen in de verschillende compartimenten is monitoring zinvol? Hiertoe worden de variabelen verdeeld in variabelen die zeer onveranderlijk zijn, in variabelen die zeer snel veranderen en een tussengroep van variabelen die langzaam op veranderingen reageert en waarmee veranderingen op middellange termijn (5-10 jaar) geregistreerd kunnen worden.

Tot de eerste groep behoren variabelen (eigenlijk meer constanten) als topografie, moedermateriaal en bodemtype. Ze zijn niet geschikt voor monitoring. Wel lenen zij zich bij een ecohydrologische systeemanalyse goed voor het onderscheiden van standplaatstypen.

Variabelen die zeer snel kunnen veranderen zijn bijvoorbeeld de grondwaterstand en het nitraat- en ammoniumgehalte van de grond. Deze variabelen worden daarom vaak weinig geschikt geacht voor monitoring (bijvoorbeeld nitraat). Indien zij gemeten worden, moeten de metingen vaak herhaald worden om patronen in de veranderingen te ontdekken. Bij de grondwaterstanden wordt uit de veelheid van waarnemingen een patroon, e.g. de grondwatertrap, bepaald welke een zeer belangrijke ecosysteemindicator is, terwijl een bepaalde grondwaterstand op een gegeven moment dat niet of veel minder is. Wegens de geringe betekenis van een enkele waarneming worden veel snel veranderende variabelen dus minder geschikt geacht voor monitoring. De grondwaterstand echter, die ook tot deze categorie behoort, geldt echter als de belangrijkste variabele bij monitoring (ingreepvariabele), maar moet dan wel veelvuldig gemeten worden.

Variabelen van de tussengroep zijn bijvoorbeeld hoeveelheid en soort humus. Het humusprofiel integreert het resultaat van alle processen van mineralisatie en humificatie van organische stof. Het bezit sterk bufferende eigenschappen doordat de hoeveelheid organische stof in het humusprofiel groot is ten opzichte van de jaarlijkse toevoegingen (door strooisel) en afnamen (door decompositie). De bufferende eigenschappen hebben niet alleen betrekking op de hoeveelheid organische stof maar ook op nutriënten en vocht. Door humusopbouw en de daarmee gepaard gaande opbouw van kationenomwisselcapaciteit, vochtberging, etc, neemt de veranderlijkheid in milieuomstandigheden af (Kemmers, et al., 1995). Dit is voor de vegetatie zeer

belangrijk. Hoeveelheid en soort humus zijn daarom goede indicatoren voor de toestand van de groeiplaats. Ze hoeven slechts met een lage frequentie bepaald te worden omdat ze slechts langzaam veranderen door hun bufferende eigenschappen. Om deze redenen zijn ze zeer geschikt voor monitoring.

Ook de vegetatievariabelen en de bosstructuur behoren tot de variabelen die langzaam op veranderingen reageren en waarmee veranderingen op middellange termijn (5-10 jaar) en lange termijn geregistreerd kunnen worden. De vegetatievariabelen zijn de doelvariabelen en zullen daarom in alle gevallen in het monitoringsprogramma opgenomen zijn.

Een schema met aanbevolen variabelen voor monitoring bij verschillen groeiplaatstypen is het resultaat van deze studie (Tabel 8.1).

Tabel 8.1. Aanbevolen variabelen voor monitoring bij verschillende milieuomstandigheden en in relatie tot beschikbare budgetten. A: altijd; B: aanbevolen; C: pakket gericht op kennisverdieping (bron: Kemmers et al., 1995)

Variabele	Infiltratiegebieden						Kwelgebieden					
	mineraal			venig			mineraal			venig		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
oppervlaktewaterpeil	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
stijghoogte	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
stijghoogteverschillen			x			x	x	x	x	x	x	x
grondwaterstands-amplitudo			x	x	x	x	x	x	x	x		
grondwatertrap (ghg,glg,gvg)	x			x			x			x		
IR/EGV				x!	x!			x		x!	x	
kationen en anionen			x			x			x			x
Ca-bezetting								x	x		x	x
pH-bodem									x			x
C/N		x	x		x	x			x			x
C/P			x			x			x			x
org. stof voorraad			x						x			
org. stof gehalte		x	x		x	x						
nutriënten voorraad				x						x		
nutriënten gehalte		x	x		x	x			x			x
dikte F-horizont		x	x						x			
dikte OF-horizont					x	x						x
Pw-getal									x			x
soorten (vegetatie)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
vegetatietype		x	x		x	x		x	x		x	x
vegetatiepatronen			x			x			x			x

In alle gevallen moeten de hydrologische ingreep variabelen van grond- en oppervlaktewaterpeilen bepaald worden alsmede de eindvariable 'vegetatiesoorten'. Afhankelijk van doelstelling en ecosysteemtype van het onderhavige referentieproject wordt monitoring van verdere ingreep- en eindvariabelen aanbevolen, alsmede een aantal tussenvariabelen. Het vaststellen van de grondwatertrap en het vegetatietype wordt in alle gevallen aanbevolen. Onderzoek aan de meeste bodemchemische parameters is meestal niet noodzakelijk, behalve in referentieprojecten. Uitzonderingen hierop vormen de waarden voor C/N, org. stofgehalte en dikte humushorizonten in infiltratiegebieden en de calciumbezetting in kwelgebieden.

In het geval dit soort onderzoek aan bossen plaatsvindt, zouden een aantal variabelen aan Tabel 8.1 toegevoegd moeten worden. Hierbij valt te denken aan: boomhoogte, grondvlak, kroonprojectie, lichtdoorval en vitaliteit.

Naast de te meten variabelen wordt in het SMV een statistisch onderbouwd advies gegeven over de hoeveelheid benodigde meetpunten en de meetfrequentie, evenals over de verwerking van de gegevens, zodanig dat het mogelijk is om vast te stellen of een in de tijd gemeten verschil ook structureel is (Gieske, 1996).

Voor beide methoden geldt dat, om het effect van vernattingsmaatregelen te volgen, de gewenste situatie bekend moet zijn. Door deze doelsituatie van te voren vast te stellen en te vergelijken met de vertreksituatie kan men tijdens de monitoringsperiode volgen in hoeverre de

maatregelen effect hebben. Deze doelsituatie zal in veel gevallen samenvallen met de “historische” onverdroogde situatie, het nulpunt bij de MBI-methode.

Standaardisatie van monitoring en van opslag en verwerking van gegevens is zeer gewenst. Hierdoor worden gegevens beter toegankelijk voor alle betrokkenen en kunnen gebieden beter met elkaar vergeleken worden.

8.3. Regeling gebiedsgerichte bestrijding verdroging (GEBEVE)

In 1994 bleek dat de verdrogingsdoelstelling, geformuleerd in 1985, namelijk een vermindering van het areaal verdroogd natuurgebied in het jaar 2000 met 25% ten opzichte van 1985, moeilijk te realiseren was. Om een extra impuls te geven aan de verdrogingsbestrijding is toen de GEBEVE-regeling in het leven geroepen. Deze regeling “Gebiedsgerichte Bestrijding Verdroging” wordt in gelijke mate gefinancierd door de Ministeries van V&W, VROM en LNV, die jaarlijks elk 8 miljoen gulden hiervoor beschikbaar stellen. Doelstelling van de regeling is het stimuleren van de uitvoering van gebiedsgerichte projecten ter bestrijding van verdroging (Prak, 1996). De GEBEVE-regeling is opgesteld met als primaire doelgroep de regionale waterbeheerders. De meeste GEBEVE-toezeggingen zijn daarom bij waterschappen terecht gekomen en bestemd voor uitgestrekte gebieden. OBN-projecten hebben vaak betrekking op kleinere gebieden, een OBN-projectgebied kan liggen in een GEBEVE-projectgebied waardoor in sommige gevallen uit twee bronnen subsidie verkregen kan worden voor anti-verdrogingsmaatregelen in een gebied.

De GEBEVE-regeling is van kracht sinds 1 januari 1995 en heeft een geldigheidsduur van 4 jaar. Het betreft een subsidieregeling op basis van concrete projecten die een bijdrage leveren aan het terugdringen van de verdroging binnen bepaalde gebieden. Deze zijn aangegeven op de *indicatieve overzichtskaart van verdroogde gebieden met een natuurfunctie*, zoals die is opgenomen in de jaarlijks aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal aan te bieden “Voortgangsrapportage Integraal Waterbeheer en Noordzee-aangelegenheden”. In de Evaluatienota Water is aangegeven wanneer een gebied als verdroogd wordt aangemerkt. Dit is het geval indien aan een gebied een natuurfunctie is toegekend en de grondwaterstand in het gebied onvoldoende hoog is dan wel de kwel onvoldoende sterk is om de bescherming van de karakteristieke grondwaterafhankelijke ecologische waarden te garanderen. Een gebied met een natuurfunctie wordt ook als verdroogd aangemerkt als ter compensatie van een te lage grondwaterstand water van onvoldoende kwaliteit moet worden aangevoerd (LNV, 1994). In verband met bijzondere natuurwaarden is het mogelijk ook projecten te subsidiëren die geheel buiten de op de kaart vermelde gebieden zijn gelegen. De subsidies worden per provincie toegekend na advies van de Regionale Toetsingscommissie, te benoemen door Gedeputeerde Staten.

Er is een oerwoud aan subsidieregelingen voor verdrogingsprojecten, van verschillende ministeries en van de EU. In dit pre-advies gaat het om de regeling OBN. Bij bepaalde OBN-projecten krijgt men echter met GEBEVE te maken, omdat GEBEVE-projecten vaak grote gebieden omvatten. De voorloper van GEBEVE is REGIWA, Regionaal Integraal Waterbeheer. Deze was ruimer van opzet, meer zaken kwamen daarin voor subsidiëring in aanmerking. In 1995 is de subsidie voor GEBEVE niet verbruikt. Als reden worden door Prak (1996) een aantal knelpunten genoemd, waaronder:

- de vernattingsschade ten gevolge van GEBEVE maatregelen, die niet binnen de regeling vergoed kan worden
- het subsidiepercentage dat maximaal 50% is, in tegenstelling tot bijvoorbeeld OBN waar de maximale subsidie 80-90% is
- de onduidelijke relatie met andere subsidiemogelijkheden
- de beperkte mogelijkheid om grondverwervingskosten op basis van de regeling te subsidiëren.

De belangrijkste in GEBEVE-projecten geconstateerde verdrogingsverschijnselen zijn te lage grondwaterstanden en achteruitgang van de vegetatie. Een aantal andere minder voorkomende verschijnselen worden nog genoemd door Prak (1996) waaronder afname of verdwijnen kwel, slechte oppervlaktewaterkwaliteit en te lage oppervlaktewaterpeilen.

De belangrijkste oorzaken van deze verdrogingsverschijnselen zijn: lage peilen in nabijgelegen polder of landbouwgebied, grond- of duinwaterwinning, doorvoer van water met een laag peil en intensieve lokale af- of ontwatering. Van het groot aantal maatregelen dat in het kader van GEBEVE hiertegen genomen worden zijn de belangrijkste: waterconservering of (polder)peilverhoging, wateraanvoer en verbetering of aanleg van stuwen of drempels (Prak, 1996).

In Tabel 8.2 zijn de oppervlakten verdroogd areaal per provincie gegeven alsmede de oppervlakten waar de verdroging door GEBEVE-maatregelen bestreden worden.

Tabel 8.2. Oppervlaktes verdroogd areaal volgens de Verdrogingskaart van Nederland alsmede de oppervlaktes die door de tot 30 november 1995 gehonoreerde GEBEVE-projecten beïnvloed zullen worden (Bron: Prak, 1996)

Provincie	Oppervlakte volgens kaart			Verwachte beïnvloede oppervlakte			
	hoofd- functie natuur (A)	neven- functie natuur (B)	totaal (A+B) (C)	hoofd- functie natuur (D)	neven- functie natuur (E)	wit gebied (C+D+E)	totaal
Groningen	10 666	16 676	27 342	0	0	0	0
Friesland	27 598	1 516	29 114	751	9	201	961
Drenthe	30 217	1 516	31 842	5 905	901	438	7 244
Overijssel	24 147	91 006	115 153	414	574	5 513	6 501
Gelderland	79 844	23 194	103 038	1 792	5	1 640	3 437
Flevoland	277	2 577	2 854	0	0	0	0
Utrecht	17 036	19 376	36 412	510	358	4 627	5 495
N-Holland	0 529	51 509	92 038	106	32	6	144
Z-Holland	16 345	29 534	45 879	99	49	86	234
Zeeland	11 171	1 308	12 479	243	3	510	756
N-Brabant	34 685	2 286	36 971	1 915	68	6 223	8 206
Limburg	9 488	14 095	23 583	1 085	148	175	1 408
Totaal	302 003	254 702	556 705	12 820	2 147	19 419	34 386

Uit Tabel 8.2 volgt dat in het eerste jaar van de GEBEVE-regeling ruwweg op 15 000 ha verdroogd gebied met hoofd- of nevenfunctie natuur door toedoen van de regeling verdrogingsbestrijding zal plaatsvinden. Dit komt overeen met krap 3% van de totale oppervlakte van deze categorie.

Op dit moment ligt van de voorgestelde OBN-referentieprojecten alleen het Koelbroek in een GEBEVE-projectgebied. Ook is er bij het Naardermeer een duidelijke relatie tussen een voorgesteld referentieproject en een GEBEVE-project. Het GEBEVE-projectgebied nr. 750, de Hilversumse Bovenmeent grenst namelijk aan het voorgestelde referentieproject Naardermeer. De in dit GEBEVE-project te verhogen waterstanden zullen naar verwachting van invloed zijn op het referentieproject. In feite zijn de geplande hydrologische ingrepen van dit GEBEVE-project een belangrijke reden voor de keuze van het Naardermeer als referentieproject.

9. SELECTIECRITERIA NATTE BOSSEN VOOR DE AANLEG VAN REFERENTIEPROJECTEN

De grote verscheidenheid aan natte bostypen noodzaakt tot het maken van een selectie van die bostypes waarop zich in eerste instantie de aandacht moet richten in het kader van OBN. Voor dit pre-advies moeten een aantal referentiegebieden worden voorgesteld waarin nader onderzocht zal worden wat het effect is van maatregelen ter bestrijding van verdroging, eutrofiëring en verzuring. Deze gebieden moeten zorgvuldig worden gekozen, zodat ze een zo groot mogelijke mate van representativiteit hebben, de belangrijkste natte bostypen omvatten die bedreigd worden, terwijl er maatregelen voorbereid zijn of worden die kansrijk zijn, d.w.z. uitzicht bieden op een duidelijk verbeterde toestand.

Het eerste selectie criterium is natheid. In eerste instantie moet uitgemaakt worden welke bostypen tot de natte en welke tot de droge bossen gerekend moeten worden. Er zijn bosgemeenschappen die voor een groot deel van het jaar onder water staan en gemeenschappen waar slechts gedurende een korte periode van het jaar waterverzadiging in de wortelzone optreedt in de vorm van stagnerend water of hoog grondwater. De associaties van Tabel 9.1 worden door ons tot de natte bossen gerekend. Hierbij vormen de associaties 7, 9, 17 en 18 de overgangen tussen de natte en de droge bosgemeenschappen.

Behalve de mate van natheid zijn er nog een aantal andere factoren van belang bij de vraag welke soorten nat bos relevant zijn voor dit pre-advies. Deze zijn de aard van de waterhuishouding (inzijging - kwel), de voedselrijkdom, gradiënten (zuur - neutraal, vochtig - nat), de oppervlakte, de bedreigingen en de waarde wat betreft verschillende aspecten: rijkdom aan flora en fauna, diversiteit, zeldzaamheid, landschappelijke schoonheid, bodemontwikkeling. Bij de vaststelling van de waarde van een bos moeten zoveel mogelijk objectieve maatstaven worden aangelegd. Dat is niet eenvoudig, een Vogelkers-Essenbos (23) bijvoorbeeld, dat algemeen als een zeer waardevol bostype geldt, kan in het ene geval veel waardevoller zijn dan in het andere, afhankelijk van verstoring of ligging in het landschap.

Tenslotte is het in dit project ook van belang of er iets aan de bedreigingen te doen valt. Zijn er effectgerichte maatregelen die verslechtingen of bedreigingen door verdroging, verzuring of eutrofiëring/vervuiling in een bepaald bostype kunnen bestrijden? Dat zal bij het ene bostype gemakkelijker gaan dan bij het andere.

De bedreigingen van de natte bossen hangen in grote mate samen met het watertype (atmotroof-lithotroof), met de natuurlijke voedselrijkdom en met het feit of het minerale (terrestrische) of organische (semi-terrestrische) bodems betreft.

Gezien de korte tijd waarin het pre-advies tot stand moest komen heeft het Deskundigenteam Bossen besloten het aantal te bestuderen typen natte bossen te beperken tot de belangrijkste, gelet op de criteria oppervlakte, natuurwaarde, bedreiging en mogelijkheid van verbetering door maatregelen. Hierbij krijgen de nattere typen prioriteit boven de drogere, en kwel boven injijging vanwege de daarmee gepaard gaande zeldzaamheids- en natuurwaarde. Verder speelt de mogelijkheid tot verbetering een rol.

De echte broekbossen zijn de meest typische en natste vertegenwoordigers van de natte bossen in Nederland. Zij krijgen in dit pre-advies de hoogste prioriteit. Dit betreft de elzenbroekbossen (associaties 28-32) en het berkenbroek (associatie 5). Vervolgens zijn de Vochtige Elzen-Essenbossen (23-27) het belangrijkste vanwege de hoge natuurwaarde, natheid en kwelafhankelijkheid.

Verder moet de selectie representatief zijn voor de gehele gradiënt vochtig-nat en zuur-neutraal. Daarom is ook gekozen voor het Vochtig Berken-Zomereikenbos (7) en het Elzen-Eikenbos (10) van de overgangen naar hogere gronden in het Pleistocene zandgebied en het Elzenrijke Essen-lepenbos (22) als typische vertegenwoordiger van de natte bossen in het Holocene kleigebied.

Wat het oppervlaktecriterium betreft is gekozen voor een minimum areaal van de geselecteerde bostypen van ongeveer 100 ha omdat voor het uitvoeren van maatregelen een zeker oppervlak vereist, liefst aaneengesloten, om verschillende behandelingen met elkaar te kunnen vergelijken. Echter, voor associaties die weinig voorkomen zijn de bedreigingen en de noodzaak van maatregelen wellicht nog groter. Experimenteren met maatregelen is echter te riskant in zeldzame associaties. Van het oppervlakte-criterium is afgeweken bij de keuze van de Elzenbronbossen als representant van de bronbossen. Deze bronbossen liggen meestal tussen grotere eenheden van natte bossen in, en kunnen zo meeprofiteren met de maatregelen voor een groter gebied. Het Moerasvaren-Elzenbroek (30) is opgenomen omdat het een typische representant van Holocene moerassen is.

Het Schietwilgenbos (33) is weggelaten omdat daar verdroging niet zo'n grote rol speelt en er weinig maatregelen ter plekke uitvoerbaar zijn. Ook de haagbeukenbossen zijn uit de selectie gelaten hoewel ze een belangrijke natuurwaarde vertegenwoordigen. Het zijn geen typische natte bossen en er worden weinig maatregelen uitvoerbaar geacht. Als resultaat van al deze overwegingen is besloten om de aandacht vooral te richten op de bosgemeenschappen: 5, 7, 10, 22, 23, 25, 29 en 30, vet gedrukt in Tabel 9.1.

Wat betreft oppervlak en natuurwaarde (kwel versus inzijging) zijn van de broekbossen de elzenbroekbossen belangrijker dan de berkenbroekbossen. De belangrijkste eenheid is het Gewoon Elzenbroek of het Elzenzegge-Elzenbroek (29). Van alle broekbossen neemt dit type verreweg het grootste areaal in. Daarenboven is het, tezamen met de bronbossen en de Vochtige Elzen-Essenbossen, de belangrijkste representant van de associaties met kwel die sterk bedreigd worden. Een groot deel van de inspanning zal zich dan ook op deze typen moeten richten. Ook het Berkenbroek (5) en het Vogelkers-Essenbos zijn belangrijke eenheden, respectievelijk voor de randen van hoogvenen en de dynamische milieus langs beken. De eenheden (7) en (10) zijn representatief voor de randgebieden van natte bossen waar inzijging overheerst. Zij zullen vaak voorkomen grenzend aan broekbossen met wederzijdse beïnvloeding, waarmee bij het beheer rekening gehouden moet worden.

Het is vooral de situatie in het veld die bepalend moet zijn bij de keuze van gebieden voor het uitvoeren van maatregelen of studies. In een bepaald gebied moeten steeds de relaties tussen de landschappelijke en vegetatie-eenheden bestudeerd worden. De acht geselecteerde bostypen vormen vaak complexen met andere bostypen; indien dit het geval is zullen die andere bostypen wel in de studie opgenomen worden.

Opmerking:

In de navolgende tabel zijn alleen de maatregelen genoemd die op de locatie uitgevoerd kunnen worden. Dit zal in veel gevallen niet voldoende zijn. Dan zijn brongerichte maatregelen noodzakelijk. Deze vallen in eerste instantie buiten het bestek van deze studie. Deze brongerichte maatregelen komen vaak neer op vermindering van emissies via lucht, water of grond. Het spreekt vanzelf dat vermindering van deze emissies tot de standaard aanbeveling behoort. Er zijn echter ook tussenvormen mogelijk tussen effectgerichte en brongerichte maatregelen, die locatie specifiek zijn. Te denken valt aan aanschaf randgebieden of ecologische landbouw in randgebieden. Het Deskundigenteam Bossen houdt zich het recht voor om in voorkomende gevallen met zulke locatiespecifieke aanbevelingen te komen.

Tabel 9.1. Bosgemeenschappen (volgens Van der Werf, 1991) die op natte groeiplaatsen kunnen optreden, hun oppervlakten, hydrologie, voedselrijkdom, bedreigingen en mogelijke maatregelen (vet gedrukt zijn die associaties die in eerste instantie zijn geselecteerd voor nader onderzoek in referentieprojecten)

Klasse/ Verbond	Associatie	Oppervlakte (ha) a)		Hydrologie	Voedsel- rijkdom	Belangrijkste bedreigingen	Mogelijke maatregelen b)
		kolom A (Tabel B.3 v/d Werf, 91)	kolom B 2:gem. 3: kwel	1: inzijging 1: zeer arm 2: arm 4: opp- water	1: verdroging 2: eutrofiëring 3: matig 4: rijk	3: verzuring 4: vervuiling	
1. Klasse der naaldbossen							
B. Berkenbroekverbond							
5. Berkenbroek	100-300	10-100	1		1	1, 2	1, 2
2. Klasse der voedselarme Eiken- en Beukenbossen							
A. Verbond van Zomer- en Wintereik							
7. Vochtig Berken- Zomereikenbos	3000-30000	30-300	1		2	1, 2	1, 2
9. Vochtig Winter- eiken-Beukenbos	300-3000	10-30?	1		2	1, 2	1, 2
10. Elzen- Eikenbos	1000-3000	30-100	2		3	1, 2	1, 2
3. Klasse der voedselrijke Eiken- en Beukenbossen							
C. Haagbeukenverbond							
17. Eiken-Haag- beukenbos	300-3000	30-100	1, 2		3	1, 2	1
18. Idem, kam- perfoelierijk	300-1000	10-30	1, 2		3	1, 2	1
D. Elzen-Vogelkersverbond							
D1. Iepenrijke Eiken-Essenbossen							
22. Elzenrijk Essen-lepenbos	100-1000	10-30?	2		4	1,2	1
D2. Vochtige Elzen-Essenbossen							
23. Vogelkers- Essenbos	100-300	3-30	3		4	1, 2, 3, 4	1,2
24. Bosmuur- Elzenbos	1-3	0?	3, 4		4	1, 3, 4	1
25. Elzenbronbos	3-10	1-3	3		4	1, 2, 3, 4	1,2
26. Essenbronbos	1-3	1-3	3		4	1, 2, 3, 4	1,2
27. Ruigt- Elzenbos	300-1000	3-10?	2, 4		4	1, 2, 4	1
4. Klasse der Elzenbroekbossen							
A. Elzenverbond							
28. Kalk- Elzenbroek	1-3	0?	3		4	1, 2	1
29. Gewoon Elzenbroek	1000-3000	100-300	3, 4		4	1, 2, 3, 4	1, 2
30. Moerasvaren- Elzenbroek	10-100	3-30	3, 4		4	1, 2, 3, 4	1, 2
31. Elzen- Berkenbroek	30-100	3-30	2		3	1, 2, 3, 4	1, 2
32. Koningsvaren- Elzenbroek	1-10	1-3	2		3	1, 2, 3, 4	1, 2
5. Klasse der Wilgenbossen							
A. Wilgenverbond							
33. Schiet- wilgenbos	300-1000	10-100	4		4	1, 4	1

a) Kolom A: actueel bos, ongeacht de kwaliteit
Kolom B: actueel bos, enigermate representatief

b) Mogelijke maatregelen
1. natuurlijk drainagesysteem herstellen
2. afvoer nutriënten (plaggen, strooisel verwijderen, kap en afvoer)

10. MAATREGELEN

10.1. Inleiding

In het kader van OBN zijn effectgerichte maatregelen als volgt gedefinieerd (IKC/Oranjewoud, 1995; blz. 33):

Tijdelijke aanvullende beheers- en/of inrichtingsmaatregelen binnen bos en natuurterreinen, die gericht zijn op het bestrijden van de negatieve effecten van de bedreigingen verzuring, eutrofiëring en verdroging en die dienen ter instandhouding en herstel van levensgemeenschappen van bos en natuur. De maatregelen worden getroffen in afwachting van het moment waarop de brongerichte doelstellingen van het milieubeleid voor de genoemde bedreigingen zijn gerealiseerd.

Effectgerichte maatregelen zijn in het algemeen tijdelijke actieve ingrepen in het ecosysteem die tot doel hebben de abiotische basiscondities te herstellen. Hiermee worden in principe de randvoorwaarden gecreëerd voor behoud en herstel van de bij de desbetreffende standplaatscondities behorende vegetatie, flora en fauna. Vaak is het wenselijk verschillende maatregelen te combineren. Aanvullend is veelal een vervolgbeheer noodzakelijk om de gecreëerde situatie te stabiliseren (OBN, 1995).

Vóór men maatregelen gaat uitvoeren in bossen in het algemeen en natte bossen in het bijzonder is een goed inzicht vereist in de processen die zich in deze bossen afspelen en de effecten die men wil bereiken. In OBN-verband zal men met maatregelen willen bereiken dat ongewenste veranderingen ongedaan gemaakt worden. Men gaat er dan van uit dat de oorspronkelijke toestand de streeftoestand is. Dat hoeft natuurlijk niet het geval te zijn. De oorspronkelijke toestand is mogelijk niet meer bereikbaar en de beheerder kan als streeftoestand een andere dan de oorspronkelijk toestand aanhouden en daarvoor ook argumenten aandragen, bijvoorbeeld het vergroten van de variatie of het beschermen van zeldzame soorten of levensgemeenschappen. Daarom moeten eerst de natuurbeheersdoelen worden vastgesteld.

Doelen in het natuurbeheer

In de loop der jaren zijn de opvattingen over de doelstellingen voor het beheer van natuurreservaten nogal veranderd. Globaal zijn er drie fasen te onderscheiden (Sloet van Oldruitenborgh, 1982).

In de eerste fase was men van mening dat de natuur in de reservaten aan zichzelf moest worden overgelaten. Het beheer bestond dus uit 'niets doen'.

De tweede fase werd gekenmerkt door een grote waardering voor de halfnatuurlijke landschappen, waarin de mens verrijkend (of verarmend!) werkte. Het natuurbeheer was in die fase dan ook gestoeld op het voortzetten van de oude agrarische methoden.

In het begin van de zeventiger jaren werd naast het behoud van het bestaande landschap ook het vergroten van de *diversiteit* belangrijk. Het terreinbeheer was vanaf die tijd vaak gericht op behoud, herstel en ontwikkeling van natuurlijke processen. Men gaat dus niet alleen conserverend te werk maar richt zich ook op natuurbouw. De *criteria*, die gebruikt moeten worden ter beoordeling van een natuurgebied, zullen bij elk van de drie genoemde opvattingen over natuurbeheer anders zijn.

In de eerste fase zal de nadruk hebben gelegen op het criterium natuurlijkheid, terwijl dit in de tweede fase minder belangrijk was. Het ging in deze fase vooral om de criteria: zeldzaamheid, diversiteit, vervangbaarheid, cultuurhistorische waarde, e.d. In de laatstgenoemde fase richt men zich voornamelijk op de potenties van een gebied voor een ongestoorde ontwikkeling, waarbij men streeft naar een grote biologische variatie. Diversiteit (met name van het abiotische milieu) en kwetsbaarheid zijn hierbij van belang.

De *diversiteit* van een natuurgebied (variatie in soorten en levensgemeenschappen) wordt voornamelijk bepaald door de variatie in bodem en waterhuishouding en het ingrijpen van de

mens. De abiotische factoren vormen het uitgangspunt, de mens kan daar, al of niet verrijkend, op inwerken.

Een gebied waar op korte afstand veel afwisseling optreedt in de bodemgesteldheid, een oude rivierbedding met oeverwallen bijvoorbeeld of een polder met voormalige kreken, zal een hoge waardering krijgen bij de beoordeling voor natuurbeheer. Hoe meer grenssituaties en gradiënten aanwezig zijn, hoe hoger de waardering (Bannink et al., 1990).

Wat beheersdoelen in OBN-projecten betreft is het zo dat in de meeste gevallen de oorspronkelijke toestand de streeftoestand is en dat de maatregelen erop gericht zijn om de oorspronkelijke toestand te behouden, cq. opnieuw te bereiken.

Effectiviteit van maatregelen

Een essentieel punt is het bepalen van de effectiviteit van een maatregel. Om deze effectiviteit te bepalen is een monitoringsprogramma nodig dat het verloop van relevante variabelen volgt. Past men bijvoorbeeld bekalking toe om de pH te verhogen dan zal in het monitoringsprogramma de pH gemeten moeten worden om te zien of die ook wel echt stijgt, hoeveel hij stijgt en of de stijging in overeenstemming is met de bedoeling van de maatregel.

De monitoring van de effectiviteit van een maatregel zal, zoveel mogelijk, zodanig worden uitgevoerd dat statistisch betrouwbare uitspraken mogelijk zijn. Belangrijk voor het vaststellen van de effectiviteit van een maatregel is de aanwezigheid van een controleobject waar de maatregel niet uitgevoerd wordt. De uitvoering op praktijkschaal kan voor enkele maatregelen de mogelijkheid voor een statistisch verantwoorde monitoring beperken (Klap en Schmidt, 1992).

Combinatie van lokale met gebiedsgerichte maatregelen kan de effectiviteit sterk vergroten. Daarom is het zeer zinvol om hydrologische maatregelen in bepaalde natuurgebieden te combineren met de gebiedsgerichte bestrijding van de verdroging, en dus met maatregelen die in het kader van de GeBeVe-regeling worden uitgevoerd (zie hoofdstuk GeBeVe).

10.2. Soorten maatregelen; indeling van de maatregelen naar type

De effectgerichte maatregelen in bossen kunnen worden ingedeeld in 4 groepen (naar IKC/Oranjewoud, 1995):

- maatregelen gericht op de afvoer van nutriënten en organische stof
- maatregelen gericht op toevoegingen van stoffen aan het systeem ter buffering of herstel van de mineralenbalans
- hydrologische maatregelen
- manipulatie van (bos)vegetaties/bosstructuur

10.2.1. Maatregelen gericht op de afvoer van nutriënten en organische stof (tegen eutrofiëring)

Hieronder vallen de volgende maatregelen:

- plaggen
- strooiselafvoer
- chopperen
- maaien en afvoeren
- begrazen
- branden
- stimuleren erosie
- kap en afvoer

10.2.2. Maatregelen gericht op toevoegingen van stoffen aan het systeem ter buffering of herstel van de mineralenbalans (o.a. tegen verzuring)

Hieronder vallen de volgende maatregelen:

- toedienen nutriënten in bossen (mineralengift)
- toedienen van kalk in bossen
- buffering, bijvoorbeeld (herstel) aanvoer gebufferd grondwater

10.2.3. Hydrologische maatregelen (tegen verdroging, vermesting en verzuring)

Hieronder vallen de volgende maatregelen:

- natuurlijk drainage systeem herstellen
- aanvoer oppervlakte water
- vermindering oppervlaktewateraanvoer
- vermindering van afvoer/wegzijging (afdammen sloten, dichten van sloten tussen rabatten)
- afvoer regenwater
- (herstel) aanvoer gebufferd grondwater
- beïnvloeding diepe grondwaterstroming
- waterzuivering
- optimalisatie van de vochtvoorziening
- verminderde (grond)wateronttrekking in omgeving
- instellen bufferzones

Voor de oobossen zouden nog de volgende maatregelen te overwegen zijn:

- doorsteken dijken of kades
- natuurlijke rivierloop herstellen

10.2.4. Manipulatie van (bos)vegetaties/bosstructuur

Hieronder vallen de volgende maatregelen:

- dunning
- kaalkap, andere wijze van eindkap t.b.v. omvorming of het 'zwervend bos concept'
- verwijderen struik- of tweede boomlaag
- stimuleren struik- of tweede boomlaag
- herintroductie hakhoutbeheer/middenbosbeheer
- omvorming (verloofing, aanpassing van de boomsoorten aan de ecologische omstandigheden)
- bodembewerking

10.2.5. Additionele maatregelen

Additionele maatregelen zijn geen echte effectgerichte maatregelen, maar ze kunnen noodzakelijk of nuttig zijn om de gestelde doelen, vermindering van verdroging, vermesting en verzuring, te bereiken. Hierbij kan men denken aan de volgende maatregelen:

- aanschaf randgebieden
- ecologische landbouw in randgebieden, bijv. exploiteren als laat gemaaide, onbemeste hooilanden

10.3. Status van de maatregelen; indeling van maatregelen in autonome, toetsings- en onderzoeksmaatregelen, en in niet geklassificeerde maatregelen

Op grond van een aantal criteria kunnen maatregelen onderverdeeld worden in een aantal groepen (IKC/Oranjewoud, 1995; LNV, 1996):

1. Autonome maatregelen
2. Toetsingsmaatregelen
3. Onderzoeksmaatregelen
4. Niet relevante of niet beoordeelde maatregelen
5. Ongeschikte maatregelen

Om tot deze indeling te komen worden een aantal criteria gehanteerd:

- is de maatregel ooit toegepast?
- zo ja, is de maatregel effectief?
- is er geen sprake van een onaanvaardbaar risico?
- is de maatregel technisch goed uitvoerbaar?
- is er een gunstige verhouding tussen kosten en baten?

Indien op alle vragen een positief antwoord gegeven kan worden krijgt de maatregel het predikaat Autonoom. Deze maatregelen zijn subsidiabel onder OBN indien zij door beheerders zonder begeleiding van deskundigen worden uitgevoerd. Voorbeelden van autonome maatregelen zijn baggeren in bepaalde zwak gebufferde wateren, maaien in natte schraalgraslanden, plaggen in verzuurde heiden en bekalking en bemesting met P, Mg, K en Cu in bepaalde typen multifunctionele bossen.

In het geval er sprake is van een effectieve, niet praktijkrijpe of een mogelijk effectieve maatregel met een acceptabel risico dan komt de maatregel in de categorie Toetsing. Dat wil zeggen dat de maatregel onder OBN subsidiabel is onder voorwaarde dat de beheerder deskundig advies inschakelt. Voorbeelden van toetsingsmaatregelen zijn plaggen in natte schraalgraslanden, begrazing in droge en vochtige schraalgraslanden en plaggen in droge voedselarme dennenbossen.

In het geval er sprake is van een maatregel die in de praktijk nog niet bewezen heeft effectief te zijn, terwijl de verwachting bestaat dat het een zinvolle maatregel kan zijn, waarbij mogelijk risico's bestaan van ongewenste effecten, dan komt de maatregel in de categorie Onderzoek. Dat wil zeggen dat de maatregel slechts uitgevoerd mag worden in onderzoeksprojecten onder leiding van het deskundigenteam voor het betreffende ecosysteem. Voorbeelden van onderzoeksmaatregelen zijn plaggen in hoogvenen, aanvoer (gebufferd) grondwater in natte schraalgraslanden en stimuleren winderosie in dennenbossen.

Hydrologische maatregelen (die een belangrijke rol gaan spelen bij het onderzoek Natte Bossen) zijn in het kader van het OBN nog niet of nauwelijks bestudeerd. LNV (1996) beoordeelt, op grond van andere dan referentieprojecten, dat aanvoer oppervlaktewater, vermindering oppervlaktewateraanvoer en aanvoer gebufferd grondwater toetsingsmaatregelen kunnen zijn en dat vermindering afvoer/wegzijging in sommige situaties een toetsings- en in andere een onderzoeksmaatregel zou kunnen zijn. Voor natte bossen zijn verder geen maatregelen beschreven, behalve plaggen in elzenbroekbossen, dat als onderzoeksmaatregel geboekt staat.

In voor te stellen referentieprojecten zullen een aantal van de hierboven genoemde hydrologische maatregelen onderzocht worden, waardoor na verloop van tijd plaatsing in een van de categorieën mogelijk zal zijn. Het valt echter niet te verwachten dat veel hydrologische maatregelen de status autonoom zullen bereiken, aangezien hydrologische maatregelen meestal een uitstraling hebben over een uitgebreid gebied, daarmee ook terreinen buiten het studieobject beïnvloedend. Verder zijn effecten sterk afhankelijk van de lokale situatie omdat de hydrologie van plaats tot plaats sterk varieert, waardoor het gevaar voor onacceptabele risico's en de variatie in effecten zeer groot is.

De belangrijkste maatregelen in de natte bossen zullen de hydrologische maatregelen zijn. Maatregelen ter afvoer van nutriënten, buffering en manipulaties van bosvegetaties kunnen bij het verbeteren van natte bossen een begeleidende rol spelen.

Verzuring is een belangrijk probleem in natte bossen. Een zeer voor de hand liggende maatregel tegen verzuring is bekalking. Deze maatregel die in multifunctionele, droge bossen wel wordt toegepast, wordt in het geval van natte bossen in eerste instantie niet overwogen. De verzuring in bossen is een natuurlijk proces dat hoort bij het Nederlandse klimaat. Droge bossen op leemarme zandgrond hebben een zeer lage buffercapaciteit waardoor de pH tot extreem lage waarden kan dalen. Volgens Van den Burg (1986) en Van den Burg en Oldshoorn (1994) in Van Tol (1995) is bekalking (van droge bossen) vooral aan de orde wanneer de pH-KCl lager is dan 3.2. Bij dergelijk lage pH's worden de risico's voor de plantengroei onaanvaardbaar hoog. Hierbij is niet alleen de

zuurgraad van belang. Bij verschillende boomsoorten wordt in toenemende mate een onvoldoende Ca-voorziening vastgesteld.

In natte bossen is de buffercapaciteit in het algemeen hoger en speelt het absolute Ca-gebrek minder een rol. Verder hebben natte bossen van nature zeer verschillende pH's. Bekalking als standaardmaatregel is daarom niet mogelijk, vooral ook omdat daarmee de variatie in het terrein verminderd zou kunnen worden. Verder is er het gevaar van verstoring van de elementbalans waardoor de plantengemeenschap negatief beïnvloed zou kunnen worden. Misschien dat in specifieke gevallen bekalking overwogen kan worden. In eerste instantie zal echter getracht worden om de verzuring door middel van hydrologische maatregelen op te heffen of te verminderen. Dit kan bijvoorbeeld geschieden door maatregelen die de kweldruk vergroten waardoor meer basenrijk lithotroof water in het wortelmilieu komt.

Ook eutrofiëring of vermesting is een belangrijk probleem in natte bossen. Ook hiertegen kunnen hydrologische maatregelen als hoofdmaatregel ingezet worden, eventueel geflankeerd door maatregelen gericht op de afvoer van nutriënten en organische stof. Vermesting van natuurgebieden kan optreden door aanvoer van water uit landbouwgebieden. In zo'n geval zijn hydrologische maatregelen nodig om deze aanvoer te blokkeren, c.q. om te leiden en te vervangen door schoon oppervlakte- of grondwater.

Zijn hydrologische ingrepen de belangrijkste maatregelen tegen verzuring en vermesting, tegen verdroging is dat uiteraard ook het geval. Hiermee volgt dat bij maatregelen in natte bossen in het kader van het OBN in eerste instantie aan hydrologische maatregelen gedacht moet worden, en dat de hydrologische maatregelen eventueel aangevuld kunnen worden door begeleidende maatregelen uit de andere groepen.

Onduidelijk is nog in hoeverre de maatregelen voldoende efficiënt zijn, en vervolgens of, en zo ja hoe snel, het gestelde doel bereikt kan worden. Daarbij is het bovendien nog onduidelijk in hoeverre extrapolatie van de gegenereerde kennis van het ene naar het andere bostype mogelijk is. Daarnaast zijn er mogelijk nog onbekende risico's van de ingrepen en neveneffecten ervan zowel in het behandelde gebied zelf als in de omgeving. Een advies aan de beheerders kan dus nog niet gegeven worden. Redenen dus te over om hierin middels gericht onderzoek in een aantal referentie projecten meer helderheid te scheppen.

11. KENNISLEEMTES EN ONDERZOEKSVRAGEN

Er bestaat een vrij goed theoretisch inzicht in zowel de processen die zich in natte bossen in ongestoorde toestand afspelen als in de processen die optreden bij verdroging, eutrofiëring en verzuring van de natte bossen. Van de herstelprocessen is veel minder bekend. Bovendien verandert bij een bepaalde ingreep meestal niet alleen de doelvariable, maar ook een aantal andere variabelen, ten goede of ten kwade. Door de intensieve verwevenheid van de processen in alle ecosystemen en zeker in natte bossen zijn de effecten van maatregelen vaak niet goed voorspelbaar en is experimenteel onderzoek noodzakelijk. Een goed voorbeeld van deze verwevenheid is de met verdroging samengaande vervanging van basenrijk grondwater door zuur regenwater in elzenbroeken. Een verhoging van de grondwaterstand naar het oude niveau zonder de waterkwaliteit in beschouwing te nemen is dan meestal niet voldoende om de oorspronkelijke situatie terug te krijgen.

Kennisleemtes bestaan er vooral op het gebied van de tijdsfactor van de processen en op het gebied van de effecten van maatregelen. In concreto betreffen deze kennisleemtes onder meer de volgende gebieden:

1. responstijd van processen in water-, bodem- en vegetatiecompartimenten
2. omkeerbaarheid van processen in water-, bodem- en vegetatiecompartimenten
3. effecten van plaggen in natte bossen
4. effecten van kap
5. de gewenste snelheid bij vernatting
6. effecten van vernatting op micro-organismen
7. het verschil in invloed van stromend en stagnerend water
8. de reactie van verschillende compartimenten (bijv. bodem, humuslaag, vegetatie) op maatregelen
9. vernatting van verzuurde organische profielen
10. gebiedsgrootte-effect van maatregelen

De onderzoeksvragen volgen uit de kennisleemtes. Centraal staan drie vragen: (1) welk grondwaterregime (grondwaterstand en variatie in de grondwaterstand over het jaar) en welke waterkwaliteit, inclusief de bijbehorende mate van baseverzadiging van de bodem zijn nodig om de betrokken bostypes te handhaven of te herstellen; (2) hoe snel treden deze processen op en (3) zijn andere ingrepen dan de waterhuishoudkundige nodig. Meer specifiek:

- ad 1. hoe lang duurt het voordat een maatregel het gewenste effect sorteert (bomen reageren langzamer dan kruiden) en wat is de consequentie daarvan op de monitoringsperiode; waar zijn de eerste signalen waar te nemen?
- ad 2. krijg je bij vernatting van een verdroogde groeiplaats het oorspronkelijk aanwezige ecosysteem (bodemprofiel en vegetatie) terug?
- ad 3. is er eenzelfde effect te verwachten als in droge bossen; in welke situaties is het verwijderen van een verdroogde en veraarde organische laag zinvol; hoe snel treedt herstel van de oorspronkelijke situatie (vegetatie) op; voorkomt het verzuuring en eutrofiëring bij aanwezigheid van sulfaat in het vernattingswater?
- ad 4. krijg je door kap of terugzetten van de vegetatie sneller de gewenste soorten terug?
- ad 5. veroorzaakt een langzame vernatting minder schade aan de vegetatie dan een snelle, en zo ja, in welk tempo moet de vernatting dan uitgevoerd worden?
- ad 6. geeft verhoging van de grondwaterstand een verandering van de symbiotische N-binding bij de elen, een verandering van de mycorrhiza of van andere micro-organismen?
- ad 7. hoe moet het effect van de verhoogde grondwaterstand gescheiden worden van het effect van de daarmee vaak gepaard gaande waterstagnatie (verminderde grondwaterbeweging)?
- ad 8. wat is de invloed en de reactiesnelheid van de ingreep op de verschillende compartimenten hydrologie, bodem, humuslaag, kruidlaag, struiklaag, boomlaag (beworteling, stabiliteit, naijlingseffect), micro-organismen en fauna?
- ad 9. moet je bij vernatting van verzuurde, oorspronkelijk basenrijke profielen, zoals die bijvoorbeeld onder elen voorkomen, de strooisellaag en de verzuurde bovenlaag weghalen voor een goed herstel?
- ad 10. hoe werkt een hydrologische maatregel uit op het omliggende terrein buiten het studiegebied en wat zijn de consequenties daarvan; en wat te doen indien een bepaald

hydrologisch effect alleen bereikt kan worden door maatregelen buiten het studiegebied (conflict effectgerichte en brongerichte maatregelen)?

De op basis van de gestelde criteria geselecteerde bostypen (vet gedrukte associaties in Tabel 9.1) zijn in tweede instantie getoetst aan de hierboven geformuleerde kennisleemtes en brede onderzoeksvragen. Daarbij bleek dat, weliswaar met een wisselend gewicht, deze onderzoeksvragen in de geïndiceerde bosgemeenschappen aan de orde zijn. Bovendien bleek dat verwacht kan worden dat in de geïndiceerde bosgemeenschappen bepaalde maatregelen een bijdrage kunnen leveren aan het bereiken van de gewenste doelsituatie, i.c. het herstel.

12. VERNATTING IN MULTIFUNCTIONELE BOSSEN

(pre-advies vernatting)

J. van den Burg en R.L.H. Poels

12.1. Inleiding

Het onderzoekprogramma EGM/OBN (Effectgerichte Maatregelen/Overlevingsplan Bos en Natuur) heeft vooral ten doel de ontwikkeling van praktijkgerichte, autonome maatregelen ter bestrijding van verzuring, vermessing en verdroging. Het multifunctionele bos beslaat ongeveer 265 000 ha (ca. 80% van het totale bosareaal). De functies van dit multifunctionele bos zijn: houtproductie, recreatie en natuur. Voor het multifunctionele bos is tot nu toe geen pre-advies door een deskundigenteam uitgebracht. Wel zijn en worden in deze multifunctionele bossen OBN-maatregelen uitgevoerd (Bouwma & Olsthoorn, 1997). Het betreft hoofdzakelijk (structuur)dunning, omvorming en bemesting c.q. bekalking, maar geen hydrologische maatregelen.

Sinds kort kunnen in het kader van het OBN ook in multifunctionele bossen waterhuishoudkundige maatregelen genomen worden. Doel van deze maatregelen is het herstel van de oorspronkelijke abiotische situatie, waarbij de grondwaterspiegel hoger in het bodemprofiel komt dan in de huidige situatie. Vernatting in multifunctionele bossen zal vaak een neveneffect zijn van hydrologische maatregelen voor andere doeleinden, zoals bijvoorbeeld waterstandsverhoging voor vennen of broekbossen. Hierbij zal de multifunctionaliteit (dus de houtproductie) gehandhaafd moeten blijven. Het behoud of herstel van bijzondere vegetaties, die vóór de bosfase aanwezig waren, zal in beperktere mate een rol spelen: omvorming van bos naar bijvoorbeeld natte heide zal, bij instandhouding van de bestaande doelstelling van het bos (Boswet!) niet overal mogelijk zijn. Het omzetten van bos naar andere vegetatietypen komt hier echter verder niet aan de orde.

Aangezien er nog weinig ervaring is opgedaan met vernatting zullen waterhuishoudkundige maatregelen voor het multifunctionele bos onder begeleiding/coördinatie van het Deskundigenteam-Bos moeten plaatsvinden. Een eerste aanzet hiertoe wordt gegeven in het voorliggende pre-advies, gevolgd door op te zetten referentieprojecten (IKC, 1995c).

Er is nog weinig bekend van de gevolgen van vernatting op bomen. Mogelijke gevolgen zijn: boomsterfte, wortelsterfte, wortelaantastingen, groei, windworp, bodemchemische en microbiologische veranderingen. Ook is het mogelijk dat snelle vernatting heel andere effecten veroorzaakt dan een langzame vernatting. De onderzoeksvragen zijn dus:

1. wat is het effect van vernatting op de groei, wortelontwikkeling en sterfte van bomen van verschillende soorten van verschillende leeftijden
2. wat is het effect van vernatting op de bosstabiliteit en op de soortensamenstelling van zowel de boomlaag als de struik-, kruid- en moslaag, de mycoflora en de fauna
3. dient vernatting langzaam of gefaseerd (in stappen) te worden uitgevoerd om mogelijke negatieve effecten ("verdrinking") te voorkomen.

De doelstelling van het onderzoek in multifunctionele bossen is het globaal formuleren van de gevolgen van effectgerichte maatregelen, als die worden genomen om in het betreffende bos een bepaald doel te bereiken, waarbij rekening wordt gehouden met de blijvende multifunctionaliteit van het bos. Deze gevolgen hebben niet alleen betrekking op het directe doel, maar ook op neveneffecten. Beleid en beheer kunnen dan uit de beschikbare maatregelen de geëigende keuzes maken. De maatregel die het meest in de belangstelling staat, maar die tevens het minst is getoetst, is vernatting.

De sturende factor bij vernatting is zuurstofgebrek en waterovervloed, die de plantewortels doet afsterven. De onderzoeksvragen zijn dus gerelateerd aan het tijdstip, de duur en de snelheid van inundatie/stijging van de grondwaterspiegel. Factoren die hierbij van belang zijn, zijn bodemtype, boomsoort, ouderdom bomen en snelheid van vestiging van soorten (Bokdam, 1997).

Het valt niet te verwachten dat door verhoging van de grondwaterstand in multifunctionele bossen de biodiversiteit en het aantal rode lijst soorten sterk zullen toenemen. Dat is ook niet de bedoeling in eerste instantie. De bedoeling is om tot een meer natuurlijk bos voor de betreffende groeiplaats te komen. Er zal dus een verschuiving in soortensamenstelling optreden (of moeten optreden) tot een natuurlijker samenstelling die niet automatisch meer biodiversiteit heeft of rijker aan rode lijst soorten is.

Dit hoofdstuk vormt tevens het pre-advies vernatting volgens opdracht IKC96-1085 van 19-03-1996. Als zodanig is het een zelfstandige eenheid binnen dit rapport. Echter, om doublures te vermijden wordt in een aantal gevallen verwezen naar hoofdstukken uit het pre-advies natte bossen, bijvoorbeeld naar het hoofdstuk *De processen van verdroging, eutrofiëring en verzuring* en verder komt vernatting terug in de *inleiding*, de *conclusies en aanbevelingen*, de *samenvatting* en het *abstract*.

12.2. Multifunctionele vochtige bossen, algemene aspecten

12.2.1. Karakterisering van het hydrologische regime: de grondwatertrap

In de Nederlandse bodemkundige literatuur worden hydrologisch regimes van bodems vaak uitgedrukt in grondwatertrappen. Deze grondwatertrappen dienen om enige ordening aan te brengen in de veelheid van mogelijkheden van zomer- en wintergrondwaterstanden. In het algemeen kan men stellen dat wintergrondwaterstanden hoger zijn dan zomergrondwaterstanden, aangezien er in het winterhalfjaar een neerslagoverschot is (neerslag > verdamping) en in het zomerhalfjaar bijna altijd een verdampingsoverschot (neerslag < verdamping). De hoogste grondwaterstanden komen dus gemiddeld voor in het vroege voorjaar en de laagste aan het eind van de zomer. Hierop zijn echter veel uitzonderingen. Dat komt doordat niet alleen het neerslagoverschot/tekort bepalend is maar ook de natuurlijke of kunstmatige ontwatering. Zo kan het voorkomen dat na een droge winter (zoals in 1996) de grondwaterstanden lager zijn dan vóór de winter ondanks het feit dat er wellicht toch nog een gering neerslagoverschot was. Dat komt doordat de natuurlijke drainage doorgaat totdat de opbolling van de grondwaterspiegel tussen 2 drainagelijnen (bijv. 2 beken) geheel verdwenen is.

De grondwatertrap van een bepaalde plek wordt bepaald aan de hand van de gemiddeld hoogste en de gemiddeld laagste grondwaterstand per jaar (Tabel 12.1). Gronden met grondwatertrap I zijn zeer slecht gedraineerd met altijd grondwater tot in de wortelzone en gronden met grondwatertrap VII zijn goed gedraineerd, de grondwaterstand bevindt zich altijd of praktisch altijd dieper dan de wortelzone. In de natte bossen komen vooral de grondwatertrappen I, II en III voor. Verandert door ontwatering de grondwatertrap van een broekbos van II naar III dan kan al ernstige eutrofiëring (door afbraak van organische stof) en verzuring (door verminderde grondwateraanvoer) optreden.

Tabel 12.1. Grondwatertrappen (Bron: Van der Sluijs, 1990)

Grondwatertrap	I	II	II*	III	III*	IV	V	V*	VI	VII	VII*
GHG	(<20)	(<40)	25-40	<40	25-40	>40	<40	25-40	40-80	>80	>140
GLG	<50	50-80	50-80	80-120	80-120	80-120	>120	>120	>120	(>160)	

GHG: Gemiddeld hoogste grondwaterstand in cm beneden maaiveld

GLG: Gemiddeld laagste grondwaterstand in cm beneden maaiveld

*) zie tekst

In de definities en namen van de grondwatertrappen hebben zich in de loop der jaren enige aanpassingen voorgedaan. In eerste instantie werden 7 trappen onderscheiden (I - VII). De grondwatertrappen II, III, V en VII zijn later onderverdeeld in een natter en een droger deel. Het drogere deel heeft de toevoeging * gekregen. Het verschil zit in de GHG. Bij II*, III* en V* ligt de GHG tussen 25 en 40 cm, bij II, III en V dus lager dan 25 cm. Bij VII ligt de GHG tussen 80 en 140 cm, bij VII* is de grondwaterstand altijd of praktisch altijd dieper dan 140 cm. Dit zijn de

bodemprofielen zonder grondwaterinvloed, waarbij de vegetatie uitsluitend aangewezen is op "hangwater". VII* wordt ook wel VIII genoemd. In latere publicaties zijn ook wel kleinere aanpassingen in de trappen aangebracht en is een nieuw begrip de Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (GVG) geïntroduceerd (Tabel 12.5).

De betekenis van de GHG is vooral dat hij de beperking van de groeiplaats ten gevolge van wateroverlast aangeeft en de betekenis van de GLG is vooral dat hij de mogelijkheid van de groeiplaats aangeeft tot capillaire nalevering gedurende het groeiseizoen.

De grondwatertrap alleen is niet bepalend voor de potentieel natuurlijke vegetatie. Ze geeft alleen het traject aan waarbinnen de grondwaterstanden zich in het algemeen bewegen. Andere belangrijke factoren voor de samenstelling van de vegetatie zijn de bodem, de watersamenstelling, de mobiliteit van het grondwater en de daarmee vaak samenhangende redoxtoestand.

12.2.2. Begrenzing van het studieobject: vochtige bossen

Multifunctionele bossen waarin vernattingsmaatregelen genomen kunnen worden, komen in de meeste gevallen voor op vochtige groeiplaatsen. Bossen op natte groeiplaatsen zijn meestal bossen met als hoofdfunctie natuur (elzen- en berkenbroekbossen). Het is natuurlijk mogelijk dat van oorsprong natte bossen door grondwaterstandsverlaging droger gemaakt zijn, daarna ingeplant zijn met andere boomsoorten met als doel houtproductie en daardoor multifunctioneel geworden zijn. In de meeste gevallen echter zal het zo zijn dat de natte bossen de hoofdfunctie natuur hebben en dat op de vochtige groeiplaatsen de multifunctionele bossen voorkomen waarin vernatting een optie is. Het is daarom zinvol om een onderscheid te maken tussen droge, vochtige en natte bossen.

De omschrijving van de grenzen tussen droge, vochtige en natte bossen is noodzakelijk om twee redenen. In de eerste plaats is het van belang vast te stellen welke bossen tot welk onderwerp worden gerekend. De publicatie van Klap & Schmidt (1992) over droge bossen ging er impliciet van uit dat deze bossen waren afgegrensd van de vochtige bossen, zonder dat die grens expliciet was aangegeven. In feite beperkte deze studie zich tot gronden met grondwatertrap (GT) VIII. De latere studie van Clerkx et al. (1994) over broekbossen veronderstelt impliciet een grens tussen natte en vochtige bossen. Globaal zullen de gronden waarop de door Clerkx et al. onderzochte elzen- en berkenbroekbossen waren gelegen, tot grondwatertrap I of II gerekend kunnen worden. In de tweede plaats is het verschil tussen droog, vochtig en nat van belang omdat men samenhangen aanneemt met vochtindicatoren.

Een eerste uitgangspunt voor de karakterisering van de waterhuishouding van de groeiplaats voor vegetatie in het algemeen is de definitie van Runhaar (1989), die berust op het onderscheiden van de klassen "nat", "vochtig" en "droog":

- "Nat" = plaatsen waar door hoge grondwaterstanden aan het begin van het groeiseizoen langdurige perioden met lage zuurstofspanning in de wortelzone optreden.
- "Vochtig" = plaatsen waar geen langdurige perioden met lage zuurstofspanning optreden, en waar in de zomer voldoende water voor de plantengroei beschikbaar is, d.w.z. op klei-, zavel- en leemgronden, en verder op zandgronden waar de grondwaterstand voldoende hoog is om de planten direct of via capillaire opstijging van water te voorzien.
- "Droog" = plaatsen waar 's zomers onvoldoende water voor de vegetatie beschikbaar is, d.w.z. op zandgronden met een diepe grondwaterstand.

Runhaar heeft het optreden van die plantensoorten die als vochtindicator worden beschouwd, vergeleken met grondwaterstandsvariabelen. Hij komt tot de volgende conclusies:

- De GVG (gem. voorjaars gr.w.st) is een bruikbaar differentiërend kenmerk voor vochtklassen
- De grens "nat"-"vochtig" valt samen met GVG = 20 cm - mv, ongeacht het substraat (zand, klei, veen)
- De grens "vochtig"-"droog" is in zandgronden (voor zover ze uit matig fijn, leemarm zand bestaan) GVG = 50 à 60 cm - mv. (NB: klei-, zavel- en leemgronden gelden volgens Runhaar voor vegetaties altijd als "vochtig", voor zover ze niet "nat" zijn)

- GHG en GLG zijn volgens Runhaar als differentiërende variabelen voor de vegetatie niet bruikbaar.

Van Beusekom et al. (1990) definiëren voor de vegetatie eveneens drie vochtklassen, nl. "nat", "vochtig" en "droog", en onderscheiden deze met behulp van drie predictorvariabelen nl. de GVG, het watertekort in een droog jaar ("10%-jaar") en het Ellenbergse Vochtindicatiegetal (F) (Tabel 12.2).

Tabel 12.2. Vochtclassen voor vegetaties volgens het Natuurtechnisch Model, getypeerd naar vocht-indicatiegetallen, vochttekort en gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (Van Beusekom et al. (1990), naar Gremmen (1987))

Vochtklasse	vocht-indicatie-getallen	vochttekort (mm) in 10%-droog-	GVG (m -mv.) jaar in 10%-droog-jaar
droog	F1- 4	>100	> 1.5
vochtig	F5- 7	100-25	1.5-0.5
nat	F8-10	< 25	< 0.5

De Ellenbergse Vochtindicatiegetallen (Ellenberg et al., 1992) geven aan op welke groeiplaatsen planten onder natuurlijke omstandigheden voorkomen. Een plant krijgt het vochtindicatiegetal 1 indien deze slechts voorkomt op rotsachtige zuidhellingen en op zeer droge bodems. Een getal 9 krijgt een plant die vooral voorkomt in moerassen met grondwatertrap I. Behalve voor vocht geeft Ellenberg ook getallen voor lichtniveau, temperatuur, continentaliteit (mate van afwezigheid van de temperende invloed van de zee op het klimaat), reactie (zuur-basisch), stikstof en zout. Deze worden hier verder niet besproken. De betekenis van de Ellenbergse Vochtindicatiegetallen is:

- F1 : Starktrockniszeiger, an oftmals austrocknenden Stellen lebensfähig und auf trockene Böden beschränkt
- F2 : zwischen 1 und 3 stehend. Voorbeeld buntgras
- F3 : Trockniszeiger, auf trockene Böden häufiger vorkommend als auf frischen; auf feuchten Böden fehlend. Voorbeeld zwarte den, asperge, zandzegge, schapezuring
- F4 : zwischen 3 und 5 stehend. Voorbeeld jeneverbes, duindoorn, gewone eikvaren, dennenorchis, hopklaver
- F5 : Frischezeiger, Schwergewicht auf mittelfeuchten Böden, auf nassen sowie auf öfter austrocknenden Böden fehlend. Voorbeeld beuk, wintereik, zoete kers, hulst, braam, klimop, engels raaigras
- F6 : zwischen 5 und 7 stehend. Voorbeeld zomerlinde, gewone esdoorn, brandnetel
- F7 : Feuchtezeiger, Schwergewicht auf gut durchfeuchteten, aber nicht nassen Böden. Voorbeeld pijpestrootje
- F8 : zwischen 7 und 9 stehend. Voorbeeld zwarte populier en zachte berk, de ruwe berk is indifferent wat vochtklasse betreft
- F9 : Nässezeiger, Schwergewicht auf oft durchnässten (luftarmen) Böden. Voorbeeld zwarte els, moeraszegge, dotterbloem, slangewortel, zwarte bes
- F10: Wechselwasserzeiger, Wasserpflanze, die längere Zeiten ohne Wasserbedeckung des Bodens erträgt. Voorbeeld riet, lisdodde, liesgras, grote boterbloem
- F11: Wasserpflanze, die unter Wasser wurzelt, aber zumindest zeitweilig mit Blättern über dessen Oberfläche aufragt, oder Schwimmpflanze, die an der Wasseroberfläche flottiert. Voorbeeld witte waterlelie
- F12: Unterwasserpflanze, ständig oder fast daurend untergetaucht. Voorbeeld waterviolier

Het moge duidelijk zijn dat de drie criteria in Tabel 12.2 tot verschillende indelingen zullen leiden. De indeling volgens vochtindicatiegetallen geeft zowel de natte als de droge groeiplaatsen weer. De andere indelingen zijn beperkter. Zo kan in de indeling volgens vochttekort, een groeiplaats minder dan 25 mm vochttekort in een droog jaar hebben, en toch goed ontwaterd zijn zonder zuurstoftekorten het gehele jaar door (grondwatertrap VIII), indien de bodem een diepe beworteling paart aan veel beschikbaar bodemvocht. Zo'n bodem mag niet in de klasse nat vallen. Dezelfde bodem zou in de indeling volgens GVG in de klasse droog vallen hetgeen ook niet juist is. De indeling volgens GVG is alleen bruikbaar voor arme zandgronden.

De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) karakteriseert de vochtigheidsgraad van een groeiplaats beter dan de GHG en de GLG. Voor natuurlijke (korte) vegetaties liggen de grenzen tussen nat-vochtig en vochtig-droog bij een GVG van respectievelijk 20 en 60 cm - mv (De Vries & Hendriks, 1996). Voor bossen liggen die grenzen ongeveer 20 cm dieper, hetgeen samenhangt met de diepere beworteling van bomen in vergelijking met de ondergroei. In Tabel 12.3 zijn de vochtklassen voor bossen gegeven met de globaal daarbij behorende grondwatertrappen.

Tabel 12.3. Vochtclassenindeling voor bossen bewerkt naar Runhaar (1989), van der Werf (1991) en De Vries & Hendriks (1996), getypeerd met de grondwatertrap (GT) en de Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand (GVG)

vochtklasse	GT	GVG cm - mv.)
droog (zandgronden)	VI/VII,VII,VIII	> 80
vochtig (zandgronden) ¹⁾	IV, V, V*, V/VI	40-80
nat (zandgronden en kleigronden)	I,II,II*,III,III*	< 40

¹⁾ evenals bij Runhaar (1989) worden klei-, zavel- en leemgronden voor de vegetatie niet als "droog" beschouwd, maar als "vochtig" (voor zover ze niet als "nat" zijn aangemerkt)

De criteria waarmee de vochtclassen "droog", "vochtig" en "nat" door auteurs worden onderscheiden blijken dus enigszins te verschillen. Bij het gebruik van deze begrippen moet daarmee rekening gehouden worden.

Voor bomen zijn de vochtclassen "droog", "vochtig" en "nat" in Nederland niet volgens een bepaald systeem gedefinieerd. Van belang is dat in dit opzicht voor zandgronden een verschil bestaat tussen de relatie van bomen en ondergroei met de grondwatertrap. De Vries & Hendriks (1996) wijzen in dit verband op de positie van gronden met GT VII. Het door hen toegepaste GVG-criterium ("droog" = GVG > 80 cm - mv) doet alle gronden met GT VII en VIII (en in feite ook veel gronden met GT VI) vallen in de klasse "droog". Ze merken echter op dat voor diepwortelende gewassen (waartoe bomen behoren) op zandgronden met GT VII (en impliciet zandgronden met GT VI) in het eerste deel van het groeiseizoen nalevering vanuit het grondwater mogelijk is. De grens droog/vochtig is dus voor ondergroei en bomen verschillend.

De grens vochtig/droog is voor bomen van minder belang dan de waarde van het vochtleverend vermogen. Zoals hierboven is opgemerkt, vindt in gronden met GT VII in het begin van het groeiseizoen nalevering vanuit het grondwater naar de wortels plaats. Dit zou er de aanleiding toe kunnen zijn om alleen gronden met GT VIII als "droog" aan te duiden. Van belang is echter niet de leverantie vanuit het grondwater, maar de waterleverantie op zich. Diep doorwortelbare gronden met een hoog vochtleverend vermogen (bv. lössgronden) zijn "droog" in landschappelijke zin, maar "vochtig" in hydrologische zin. De grens "vochtig"/"nat" is vaak een boomsoortenkeuzegrens. Verder is de ontwateringstoestand slechts één van de groeiplaatsvariabelen die voor de boom van belang is.

12.2.3. Probleemstelling

Uitgangspunt bij vernatting in multifunctionele bossen is dat een verhoging van de grondwaterstanden (cq het herstel van het natuurlijke verloop van de grondwaterstanden) kan bijdragen aan een vermindering van droogtestress (en daarmee aan een duurzame instandhouding en stabiliteit van ecosystemen) en een toename van de diversiteit (vochtige en natte groeiplaatsen). Essentieel daarbij is ook dat het ingrepen zijn die een effect hebben over grotere gebieden. Daarmee wordt een belangrijke bijdrage geleverd aan de vergroting van de grondwatervoorraden.

Belangrijke vragen daarbij zijn:

- Welke bijdrage levert de verhoging van de grondwaterstand aan de toename van de diversiteit op korte termijn (organismen vanuit zaadbank of organismen met verre verspreiding) en wat zijn de verwachtingen voor de langere termijn?
- Welke bijdrage levert de verhoging van de grondwaterstand aan de vochtvoorziening van het bos (overgang van hangwaterprofiel naar grondwaterprofiel)?
- Welke risico's brengt de verhoging van de grondwaterstand mee voor de verschillende boomsoorten (met name wat betreft stabiliteit en sterfte)?
- Wat zijn de effecten van vernatting op omliggende gebieden?

De "kritische range" bij vernatting ligt ongeveer tussen GHG waarden van 100 en 25 cm. Verhoging van de grondwaterstand tot een GHG van 1 m zal volgens verwachting weinig problemen opleveren voor de vegetatie, maar ook weinig voordelen behalve waterconservering. Bij een GHG van 25 cm zijn voor de boomlaag (voor de meeste boomsoorten) veel problemen te verwachten, voor de ondergroei worden de omstandigheden hierdoor wellicht beter. Bij GHG standen van 25 cm en lager kan veel boomsterfte verwacht worden, waardoor er een overgang plaatsvindt naar niet-bos vegetaties.

Wat de grootte van het verdrogingsprobleem betreft kan het volgende opgemerkt worden. Ongeveer eenderde van het Nederlandse bos wordt als verdroogd beschouwd (Van Tol, 1994; Hendriks, 1994). "Verdroogd" betekent in deze context dat de grondwaterstand te laag is geworden. De oorzaak van de verdroging wordt geacht enerzijds gelegen te zijn in opzettelijke ingrepen ter plaatse als het graven van sloten en het opwerpen van rabatten om de - te natte - groeiplaatscondities aan te passen aan de groeiplaatseisen van de aan te planten boomsoorten. Vanuit de boom gezien kan men dit echter niet als verdroging aanmerken. Anderzijds is er de algemene daling van de grondwaterspiegel door het overmatig gebruik van de grondwatervoorraad voor industriële, agrarische of drinkwaterdoeleinden, alsmede door een algemene verlaging van de grondwaterspiegel voor de landbouw door drainage en beekdalregulering (Van Amstel, Braat & Garretsen, 1989).

Rolf (1989) geeft als gemiddelde grondwaterstands daling in de periode 1950-1989 in ruilverkavelingsgebieden 35 cm, en als gemiddelde grondwaterstands daling in de vorm van "achtergrondverdroging" (o.a. veroorzaakt door beekregulering, maar ook door andere oorzaken) ca. 20 cm. Brand (1992) schat de oppervlakte oorspronkelijk droog bos in Nederland op 154.200 ha en de oppervlakte oorspronkelijk vochtig (en nat) bos op 67.000 ha (van 98.800 ha bos is niet bekend of het oorspronkelijk vochtig of nat was). Van Amstel, Braat & Garritsen (1989) verdelen 207.000 ha verdrogingsgevoelig gebied in Nederland in 36 standplaatstypen. Als indicatoren voor het schatten van de mate van verdroging zijn gebruikt (a) die veranderingen in de flora en fauna die wijzen op grondwaterstands daling, (b) vermindering van de hoeveelheid kwel en (c) inlaat van oppervlaktewater.

Voor het voor multifunctionele vochtige bossen van belang zijnde standplaatstype nr. 27 ("vochtig loofbos, pleistoceen") (geschatte oppervlakte in 1950 20.000 ha) wordt het percentage verdroogde oppervlakte geschat op 50%. Van het standplaatstype nr. 28 ("vochtig loofbos, holocene") (geschatte oppervlakte in 1950 ca. 10.000-12.500 ha) wordt aangenomen dat daarin geen verdroging is opgetreden. Van het type nr. 30 (vochtig naaldbos) wordt geen oppervlakte aangegeven en geen schatting van het aandeel van de verdroogde oppervlakte gemaakt. Van ca. 50.000 ha geïnventariseerd bos- en natuurterrein was ca. 73% matig tot sterk verdroogd. Van Tol (1994) geeft aan dat van ca. 65.000 ha vochtige en natte loofbossen ca. de helft is verdroogd. Van ca. 67.000 ha oorspronkelijk vochtige heidebebossingen uit de negentiende en de twintigste eeuw is het aandeel van de verdroging niet bekend, omdat de verdroging niet duidelijk tot uiting kwam in de vegetatie.

De omvang van de verdroging in oorspronkelijk vochtige bossen kan worden afgeleid uit gegevens van Hendriks (1994). Deze auteur vergeleek de bostypenkaart (1983, legenda volgens Van den Wijngaard (1983)) met de Natuurwaardenkaart 1988 en de Verdrogingskaart 1989.

Uit de door Hendriks vermelde tabellarische overzichten valt het volgende af te leiden over de oppervlakteverdeling van bostypengroepen:

situatie onbekend	9 300 ha	
bij aanleg reeds droog bos	205 900 ha	
bij aanleg vochtig of nat bos, niet verdroogd	29 500 ha	} bij aanleg vochting } of nat bos: 127.850 ha
bij aanleg vochtig en nat bos, verdroogd	98 350 ha	
totaal	343 050 ha	

Van 333 750 ha (343 050 - 9300) is de vochtigheidsgraad bekend. Hiervan was 127 850 ha vochtig of nat, ofwel 38 %. Van het oorspronkelijk vochtige of natte bos is het meerendeel verdroogd: 98 350 van 127 850 ha, ofwel 77 %.

Volgens Van Tol (1994) bedraagt de recente oppervlakte oorspronkelijk nat, maar thans verdroogd bos ca. 32 500 ha. Dat brengt de oppervlakte oorspronkelijk vochtig, maar thans verdroogd bos op 98 350 ha - 32 500 ha = 65 850 ha. Dit is een aanzienlijk areaal, in een groot deel waarvan vernatting van multifunctioneel bos overwogen zou kunnen worden.

De problemen als gevolg van verdroging bestaan voor wat de ondergroei betreft in het in omvang afnemen of geheel verdwijnen van vegetatietypen en soorten, en voor de bomen niet alleen in het afnemen van de groei en de vitaliteit, maar ook in het niet meer optimaal kunnen functioneren als component van het bos, waardoor ook de ondergroei wordt beïnvloed. Bij vernatting is de verwachting dat de diversiteit van de ondergroei weer zal toenemen. Het probleem kan worden opgelost door het treffen van brongerichte en effectgerichte maatregelen, maar de neveneffecten van die maatregelen zijn te weinig bekend om tot verantwoorde autonome of toetsingsmaatregelen te kunnen overgaan.

Een belangrijk probleem tenslotte is het vaststellen van de doelsituatie: tot hoever moet vernatting doorgevoerd worden? In principe is de gewenste situatie de uitgangssituatie, de situatie die bestond vóórdát verdroging optrad. In deze situatie zal in de meeste gevallen de hoogste natuurwaarde bereikt kunnen worden. Echter, in een land als Nederland, waar de mens eeuwenlang de hydrologische situatie, en daarmee de grondwaterstanden, beïnvloed heeft, is in veel gevallen de natuurlijke toestand, niet meer haalbaar of gewenst. Bij het achterwege laten van hydrologische ingrepen zou het grootste deel van west en noord Nederland, vroeger bedekt met hoogveen, onder water lopen. De situatie in 1950 wordt wel als de norm beschouwd. De recente grondwaterstands dalingen zijn vooral na 1950 uitgevoerd in de vorm van ruilverkavelingen, beregening in de landbouw en grondwateronttrekking voor de drinkwatervoorziening en de industrie.

De hydrologische situatie van rond 1950 hoeft echter niet in alle gevallen de gewenste doelsituatie te zijn bij het nemen van maatregelen. Vóór 1950 hebben belangrijke ontginningen en bebossingsprojecten plaatsgevonden ten behoeve waarvan destijds hydrologische maatregelen zijn uitgevoerd. Te denken valt hier aan het graven van sloten en het aanleggen van rabatten voor het bebossen van natte heidegebieden en het omvormen van natte bossen. In een aantal gevallen kan meer natuurwinst gemaakt worden door terug te keren naar nog oudere situaties, hoewel het verwijderen van rabatten in de meeste gevallen meer schade dan winst veroorzaakt. Per gebied zal bepaald moeten worden wat de meest gewenste situatie is en daarop zal het beheersplan moeten worden afgestemd.

12.2.4. Ontstaansgeschiedenis van de nederlandse vochtige multifunctionele bossen

De geschiedenis van de vochtige, multifunctionele bossen is voor een groot deel de geschiedenis van de oorspronkelijk vochtige heidebebossingen. Deze geschiedenis komt tot uiting in de omschrijving van de bosklassen (Van den Wijngaard, 1983). Voor een samenvatting raadplege men de beide uitgaven van het Meerjarenplan Bosbouw (Beleidsvoornemen 1984/85 en Regeringsbeslissing 1985/86) en Hellinga (1963). Op de hydrologische geschiedenis wordt hier iets dieper ingegaan.

Vochtige heidegronden waren ten tijde van de bosaanleg vaak te nat voor bos. Voor een geslaagde bosaanleg op vochtige heidegronden moesten vaak sloten, greppels of rabatten worden aangelegd om de ontwatering te verbeteren (De Bijl & Hoekstra, 1990). Deze natte omstandigheden die bij de bosaanleg heersten zijn als gevolg van de wateronttrekking in de omgeving deels niet meer aanwezig zodat deze ontwateringsmiddelen overbodig zijn geworden. Door overbodig geworden ontwateringsmiddelen aan het onderhoud te onttrekken kan bovendien worden bezuinigd op de onderhoudskosten van het bos. Van geval tot geval moet echter worden gezien in hoeverre thans van het gebruik van ontwateringsmiddelen in bossen kan worden afgezien zonder calamiteiten te veroorzaken.

12.2.5. Indelingen van de vochtige, multifunctionele bossen naar de belangrijkste functies

Multifunctionele vochtige bossen zijn evenals natte bossen geen als homogeen te beschouwen landschapstypen, maar zijn tamelijk heterogeen. Maatregelen die moeten leiden tot vernatting zijn niet zonder meer toepasbaar maar moeten zijn afgestemd op de specifieke eigenschappen van deze bossen.

De indeling van multifunctionele bossen kan het beste worden gebaseerd op de functies. Deze functies zijn natuurbehoud, houtproductie en recreatie (de functie "milieu" kan in dit verband worden beschouwd als te zijn gekoppeld aan de overige drie functies, en wordt verder buiten beschouwing gelaten).

Uit de bestaande literatuur over de klassificatie van bossen volgt dat deze klassificaties zich richten op de functie natuurbehoud, op een combinatie van de functies natuurbehoud en houtproductie, en op de houtproductie. Van alle drie klassificaties worden die voorbeelden gegeven, die in het bosbeleid en het bosbeheer het meest in gebruik zijn.

Een aantal auteurs heeft op natuurbehoudscriteria berustende klassificaties voor Nederlandse bossen ontworpen, waarvan hieronder een overzicht wordt gegeven.

De indeling van bossen en natuurterreinen volgens Van Beusekom et al. (1990) berust op combinaties van bodemsubgroep, grondwatertrap en vegetatie-eenheid. Voor 10 geselecteerde situaties ("stalen") is uitgewerkt wat de gevolgen zijn van grondwaterdaling. Slechts twee bosgemeenschappen worden vermeld, nl. het elzenbroekbos en het eiken-haagbeukenbos. In beginsel kan deze procedure ook in de omgekeerde richting worden toegepast, nl. het schatten van de gevolgen van grondwaterstandstijging.

Een indeling die op het hoogste hiërarchische niveau is gebaseerd op de boomsoorten, is die voor de broekbossen (Clerkx et al., 1994). Deze indeling heeft alleen betrekking op natte bossen. Ze is behandeld in het hoofdstuk "Indeling natte bossen".

De indelingen van Dirkse (1993) en Dirkse & De Molenaar (1994) gaan uit van boomsoorten en van het onderscheid tussen voedselarme en voedselrijke bossen. De waterhuishouding speelt in deze systemen geen expliciete rol.

De indeling van Runhaar (1989) heeft in strikte zin geen betrekking op bossen, maar is een ecotopenindeling. Ze berust op het onderscheiden van drie vochtklassen ("droog", "vochtig" en "nat") op grond van de GVG en de textuur (zand vs. klei/zavel/leem). Deze indeling, die is weergegeven in het hoofdstuk "Begrenzing van het studieobject: vochtige bossen", kan volgens Runhaar niet zonder meer voor ondergroei in bossen worden gebruikt, omdat de interactie ondergroei-bomen een nog niet voldoende bekende rol speelt. Deze indeling is daarom voor bossen met een natuurbehoudsdoelstelling slechts onder voorbehoud bruikbaar.

De indeling van Van der Werf (1991) beperkt zich niet tot natte bossen (zie hoofdstuk INDELING NATTE BOSSEN] maar heeft betrekking op alle Nederlandse bossen. De indeling berust op verschillen in groeiplaats en op door de groeiplaats veroorzaakte verschillen in vegetatie. In de door Van der Werf in zijn publicatie weergegeven ecogrammen voor de bosgemeenschappen (p. 292) zijn als differentiërende kenmerken de vochtklasse en de voedingstoestand (beide in kwalitatieve zin) gebruikt. Om tegemoet te komen aan de wens om referentiebossen te kunnen

onderscheiden en vernattingsmaatregelen te kunnen formuleren die de actuele situatie moeten veranderen in de referentie-situatie, zijn bij wijze van proef voor elke van de 33 door Van der Werf (1991) onderscheiden bosgemeenschappen de vochtklassen en de grondwatertrappen geschat in Tabel 12.4.

Tabel 12.4. Een voorstel tot hydrologische karakterisering van de bosgemeenschappen volgens Van der Werf (1991) met vochtklassen en grondwatertrappen

nr.	vocht- klasse	benaming bosgemeenschap	GT of GT-traject
01	D	Cladonio-Pinetum	VII,VIII
02	D	Leucobryo-Pinetum	VII,VIII
03	D/V	Empetro-Pinetum	VII, VIII
04	V	Empetro-Betuletum	III, IV
05	N	Periclymeno-Betuletum	I,II
06	D	Betulo-Quercetum typicum	VI,VII,VIII
07	ZV	Betulo-Quercetum molinietosum	II,III,IV
08	V	Fago-Quercetum typicum	VI,VII,VIII
09	ZV	Fagio-Quercetum molinietosum	III,IV (GHG 30-40)
10	ZV/N	Lysimachio-Quercetum	II,IIIIn (GVG 10-40)
11	D	Convallario-Quercetum	VI,VII,VIII
12	V	Luzulo-Fagetum	VII,VIII
13	V	Milio-Fagetum	VII,VIII
14	V	Melico-Fagetum	VII,VIII (GHG > 50)
15	V	Carici-Fagetum	VII,VIII
16	V	Aceri-Fraxinetum	IIIId,VI,VI,VII,VIII
17	ZV	Stellario-Carpinetum	III,Ve
18	ZV	Stellario-Carpinetum periclymenetosum	III,Ve
19	D	Crataego-Betuletum	VI,VII,VIII
20	V	Violo odoratae-Ulmetum	IV,VI,VII
21	V/ZV	Fraxino-Ulmetum typicum	III,IV,VI (GVG >= 40)
22	ZV/N	Fraxino-Ulmetum alnetosum	II/III, III (GVG 10-40)
23	ZV/N	Pruno-Fraxinetum	II
24	ZV/N	Stellario-Alnetum	II (GLG 50-100)
25	ZV/N	Chrysoplenio-Alnetum	I/II
26	ZV/N	Carici remotae-Fraxinetum	I/II
27	ZV/N	Filipendulo-Alnetum	II,II/III
28	N	Cirsio-Alnetum	I,I/II
29	N	Carici elongatae-Alnetum	I
30	N	Thelypterido-Alnetum	I
31	N	Alno-Betuletum	I,I/II
32	N	Carici laevigato-Alnetum	I
33	N	Salicetum albae ¹⁾	I, II,IIIIn

¹⁾ in het voorjaar plotselinge, kortdurende overstromingen

D = droog; V = vochtig; ZV = zeer vochtig ; N = nat

...e = extreme waterhuishouding (winter: nat; zomer: zeer droog)

...n = "nat" deel van de grondwatertrap

...d = "droog" deel van de grondwatertrap

Het optreden van GT V in een bosgemeenschap is alleen afzonderlijk aangegeven als de GHG en GLG zeer sterk uiteenlopen, bv. in "pseudogleygronden". GT V heeft hetzelfde GHG-traject als GT III maar is in de zomer droger dan GT III. Volgens Trillmich (1984) is een GLG-GHG-verschil van 50 cm als normaal te beschouwen, en heeft pas een GLG-GHG-verschil van minstens 1 m een negatieve invloed op de boomgroei. De bosgemeenschappen op GT III zullen daarom ook vaak op GT V kunnen voorkomen, hetgeen - behalve voor nr. 17 en 18 in de tabel (de Haagbeukenbossen) - niet afzonderlijk is aangegeven.

In het Meerjarenplan Bosbouw (Beleidsvoornemen) (1984/85) en het Meerjarenplan Bosbouw (Regeringsbeslissing) (1985/86) wordt de bosklassenindeling van Van den Wijngaard (1983) gebruikt. Deze is gebaseerd op de ouderdom van het bosgebied (niet: van de bomen), op het voormalige bodemgebruik en op de doelstelling waarmee het bos is aangelegd of de tegenwoordige beheersdoelstelling. Een hydrologisch differentiërend kenmerk is de vochtklasse, waarvan er voor voormalige heideterreinen twee worden onderscheiden ("vochtig" en "droog").

De indelingen van Paasman (1988) en De Vries & Al (1993) zijn gebaseerd op bosdoeltypen, waarvan er 43 worden onderscheiden. Deze bosdoeltypen bestaan uit één boomsoort of uit een combinatie van enkele boomsoorten. "Bosdoeltype" is een modelmatige beschrijving van de doelstelling van een bos of opstand voor de volgende generatie, ingedeeld en beschreven aan de hand van een aantal bosbouwkundige kenmerken (Meerjarenplan Bosbouw: Beleidsvoornemen 1984/85. Tweede Kamer, Vergaderingen 1984-1985. 18630, nrs. 1-2, blz 243). De indelingen berusten impliciet op de bosgemeenschappenklassificatie van Van der Werf (1991). De betekenis van de boomsoort overheerst in deze klassificatie omdat het bosbeheer is gebaseerd op de opstandsbehandeling.

De indeling van bossen voor de houtproductie kan worden ontleend aan Schütz & Van Tol (1981) en de [Vierde] Nederlandse Bosstatistiek (1985). De eerste publikatie heeft twee ingangen nl. (a) de (hoofd)boomsoort van een opstand, en (b) de bodemsubgroep en de grondwatertrap. De tweede publikatie geeft een aantal klassificaties van bossen, waarvan er een is gebaseerd op de (hoofd)boomsoort van de opstand. Over deze laatste valt op te merken dat het "lumpen" van zomereik en wintereik onder de benaming "inlandse eik" niet juist is, omdat deze boomsoorten wat hun reactie op de waterhuishouding betreft, uiteenlopen (zie het literatuuroverzicht bij Van den Burg, in voorbereiding).

Een verwante klassificatie voor bossen met hoofdzakelijk een houtproductiefunctie is die van de vroegere Stichting voor Bodemkartering (Waenink & Van Lynden, 1988). Deze indeling is in feite een bodemgeschiktheidswaardering, die per combinatie van vier beoordelingsfactoren (zuurgraad, vochtleverend vermogen, voedingstoestand en ontwateringstoestand) per boomsoort de groeiklasse (in drie gradaties) geeft (Ten Cate et al., 1995).

De conclusie die uit de vergelijking van deze klassificaties kan worden getrokken is dat voor multifunctionele bossen met als belangrijkste functie natuurbehoud (object: bosgemeenschap) de nadruk valt op de gehele vegetatie, en in bossen met een houtproductiefunctie (object: bosopstand) of een houtproductiefunctie met natuurbehoudaspecten (object: bosdoeltype) op de boomsoort. Bij het vaststellen van de effecten van vernatting zal rekening gehouden moeten worden met dit verschil. Zo zal in bossen met nadruk op de natuurbehoudsfunctie de groei als effectparameter van minder belang zijn dan in bossen met voornamelijk een houtproductiefunctie.

12.3. Ecologische aspecten

In dit hoofdstuk worden een aantal aspecten behandeld van de invloed van grondwaterstanden en grondwaterstandsveranderingen op de groei van bomen en ondergroei en de processen die daarmee samenhangen. Over vernatting zelf is niet veel literatuur aanwezig. Bij het toepassen van vernatting is echter een goed begrip van de invloeden van grondwaterstanden op de plantengroei in het algemeen en de boomgroei in het bijzonder noodzakelijk.

12.3.1. Bomen, ondergroei en groeiplaats

Inzicht is nodig in de relatie tussen de vegetatiecomponenten bomen en ondergroei van bosopstanden en de groeiplaats om de effecten van veranderingen van groeiplateiseigenschappen te kunnen begrijpen. De literatuur over beide relaties is zo omvangrijk dat het niet doenlijk was om deze zelfs maar in het kort te refereren. Het onderstaande overzicht berust daarom hoofdzakelijk op Nederlandse publicaties, die weer het karakter van compilaties van de bestaande kennis hebben. Deze informatie wordt aangevuld met de bestaande kennis over wortelgroei en over de betekenis van hoge grondwaterstanden en van overstroming voor bossen.

De relatie tussen de ondergroei en de groeiplaats in bossen op hoofdzakelijk kalkloze zandgronden is onderzocht door Bannink, Leys & Zonneveld (1973). Zij geven de volgende conclusies:

- de ondergroei reageert nog op verschillen in minerale rijkdom waar de watervoorziening voor de bomen al in het minimum verkeert, en het verschil in minerale rijkdom niet meer in de boomgroei tot uiting komt
- de ondergroei geeft te allen tijde een indicatie van de voor de ondergroei zelf maar ook van de voor de bomen beschikbare mineralen; de watervoorziening wordt door de ondergroei alleen geïndiceerd voor zover deze zich in de bovengrond afspeelt; de ondergroei indiceert dus wel de hoogste grondwaterstand indien deze tot in de wortelzone reikt
- de ondergroei onder lichte bossen (grove den, zomereik) is redelijk ontwikkeld, onder donker naaldboutbos is zij vaak schaars en ijl.

Tamelijk gedetailleerde informatie over de relatie tussen groeiplaats en afzonderlijke plantensoorten geven Wiertz, Van Dijk & Latour (1992). Voor globalere informatie over de relatie tussen bosgroeiplaats en vegetatie kan men de recente publicaties van Dirkse (1987, 1993), Dirkse & De Molenaar (1994) en Van der Werf (1991) raadplegen.

De informatie over dit onderwerp voor zover dat betrekking heeft op Nederland kan worden ontleend aan samenvattingen van o.a. Van den Burg (1996b), Van den Burg (1997), Schütz & Van Tol (1981), en aan nog niet gepubliceerde samenvattingen van groei- en groeiplateisgegevens van diverse boomsoorten (IBN-DLO, in voorbereiding). Essentieel is dat de effectvariabele die voor bomen wordt gebruikt, de groei is. Bomen verschillen hierin van de ondergroei, waar de effectvariabelen abundantie en bedekking zijn. In het algemeen kon de conclusie worden getrokken dat 28-77% van de groeivariantie (groei is hier op te vatten als opperhoogteboniteit) van boomsoorten in Nederland viel te verklaren uit de watervoorziening (Van den Burg, 1993), een geringer deel uit de bodemchemische eigenschappen, en variabele gedeelten uit diverse factoren en eigenschappen zoals ontwatering, bosgebied, grondwatertrap en jeugdgroei. De ontwaterings-toestand is voor de meeste boomsoorten geen overmatig belangrijke eigenschap omdat bij de boomsoortenkeuze voor de Nederlandse bossen zoveel mogelijk met dat aspect rekening is gehouden.

Bomen blijken op een andere wijze dan de ondergroei te reageren op groeiplateisverschillen. In het onderstaande worden deze verschillen, die hoofdzakelijk zijn ontleend aan Bannink, Leys & Zonneveld (1973), Runhaar (1989) en Werkgroep Ecologische Aspecten... (1985) samengevat.

- bomen wortelen over het algemeen dieper dan de ondergroei
- bomen reageren op een diepere grondwaterstand dan de ondergroei
- de ondergroei reageert op verschillen in de lichtval (globaal verschil: "licht" en "donker" bos)
- de ondergroei zal ook reageren op verschillen in strooiselkwaliteit en dus in de strooiselvertering
- de boomgroei indiceert zowel bodemchemische verschillen als de beschikbaarheid van water
- de wijze van indicatie van de waterhuishouding door bomen en door de ondergroei is verschillend. De indicatie door de bomen wordt bepaald door de groei, en slechts in extreme gevallen door de aan- of afwezigheid van een boomsoort in aangeplante bossen (bv. het verschil tussen natte en vochtige bossen), de indicatie door de ondergroei daarentegen door de aan- of afwezigheid en abundantie van bepaalde soorten en het verdwijnen cq. verschijnen van bepaalde soorten.

Een speciaal aspect van de interactie tussen bomen en ondergroei vormt de transpiratie. Het ligt voor de hand te veronderstellen dat het grootste aandeel van de transpiratie van een bos door de

bomen wordt geleverd. Tot nu toe bestaat daarover echter geen samenvattende publicatie, maar moeten de gegevens aan verspreide literatuuropgaven worden ontleend. Dolman & Moors (1993) schatten dat voor een niet te donker bos (bosdeel ca. 0.8) ca. eenzesde van de transpiratie voor rekening van de ondergroei komt. Heinsdorf (1978) deelt mee dat in tamelijk open Oost-Duitse grove-dennenbossen de transpiratie van het gras *Deschampsia flexuosa* ca. 70 mm.jaar⁻¹ bedraagt. Roberts (1983) schat de transpiratie van een "normale" ondergroei van varens in *Pinus*-bossen op ca. 25% van de totale transpiratie van het bos. Roberts (1983) neemt aan dat de jaarlijkse transpiratie van veel bossen in de gematigde luchtstreken ca. 300 mm bedraagt. Al deze bevindingen tesamen komen erop neer dat het transpiratie-aandeel van de ondergroei van niet te donkere bossen 15-25 % is, afhankelijk van de openheid van de boomlaag. Bij de grove-dennenbossen zal het aandeel van de transpiratie door de ondergroei het hoogst zijn.

Runhaar (1989) vond door een vergelijking van de relatie tussen vochtindicatorsoorten en de waterhuishouding dat de natuurlijke vegetatie een goede schatter was voor de voorjaars-grondwaterstand (GVG), daarentegen niet voor de GHG en de GLG. Binnen bossen en struwelen kwam daarentegen de indeling naar vochttoestand op basis van de soortensamenstelling van de ondergroei minder goed overeen met een ordening van standplaatsen naar de grondwaterstand.

Tot een vergelijkbare conclusie omtrent de interactie tussen bomen en ondergroei komen Wiertz, Van Dijk & Latour (1992), die vonden dat een aantal plantensoorten een "voedselrijker", "basenrijker" en "vochtiger" optimum heeft in bossen dan daarbuiten. Ze verklaren dit verschil met de factor "licht". Deze plantensoorten kunnen zich als gevolg van "lichtstress" alleen handhaven bij een hoger niveau van voeding, basen en watervoorziening dan buiten het bos het geval is. Dit effect van lichtstress is blijkbaar niet voor alle plantsoorten even groot, hetgeen tot gevolg zal hebben dat bij verandering van de waterhuishouding niet alle plantensoorten in bossen eenzelfde veranderingspatroon zullen gaan vertonen, hetgeen voor de beoordeling van de reactie van de ondergroei op vernatting consequenties heeft.

Uit het bovenstaande volgt dat ondergroei en bomen niet alleen verschillende predictorvariabelen benodigen voor het karakteriseren van de waterhuishouding, maar dat ook de effectvariabelen verschillen en dus uiteenlopende meet- en opnamemethoden vereisen.

12.3.2. Processen bij vernatting

Onder vernatting kan men verstaan het permanent verhogen van de grondwaterstand tot maximaal het peil dat heerste voorafgaand aan de verdroging. Het opzetten van nog hogere grondwaterstanden of zelfs al van het vroegere peil kan aanleiding geven tot verdrinking van het bos, dat laatste omdat die vroegere grondwaterstand voor veel boomsoorten te hoog was, en dat daarom, voorafgaand aan de bosaanleg, de ontwatering verbeterd is. Veel sloten en watergangen in heidebebossingen zijn nog steeds nodig. Als belangrijkste gevolgen van vernatting kunnen worden beschouwd:

- Het optreden van zuurstofgebrek; dit is het belangrijkste gevolg, de literatuur is hier zeer pertinent over.
- Reductie van Fe(III)-fosfaat als gevolg van de anaërobie tot Fe(II)-fosfaat, dat goed oplosbaar is, zeker als de pH niet te veel stijgt; de P-beschikbaarheid neemt daardoor toe.
- Het aanwezige NO₃ wordt door denitrificatie omgezet in N₂ dat naar de atmosfeer ontwijkt; de N-beschikbaarheid neemt af.
- De pH gaat stijgen (tenzij vernatting wordt bereikt door het conserveren van zure neerslag).
- Afbraak van de in een voorafgaande periode van verdroging gevormde LFH-horizont indien deze horizont veel labiele componenten heeft; deze afbraak treedt vooral op bij de aanvoer van basenrijk grondwater.
- In sommige gevallen aanvoer van sulfaatrijk water; deze leidt tot sulfaatreductie en alkalinisatie, waardoor de mineralisatie toeneemt en daardoor de beschikbaarheid van N en P.
- Vorming van een dikkere O-horizont. Hoe slechter de ontwatering wordt, des te meer krijgt de vorming van de OH-horizont de overhand op de vorming van de OF-horizont.
- Een geringere beschikbaarheid van zware metalen door pH-stijging als gevolg van de reductie.

Verder zijn bij vernatting ook het Ca-gehalte van het water waarmee wordt vernat, en het neerslagoverschot in de periode waarin de vernatting plaatsvindt van belang. Het Ca-gehalte van

het water waarmee wordt vernat is van belang voor de stikstofmineralisatie en de P-beschikbaarheid, en waarschijnlijk ook voor de beworteling van bomen.

Vernatting in droge jaren kan minder ingrijpende gevolgen hebben dan vernatting in natte jaren, omdat in natte jaren de grondwaterstand veel meer zal stijgen bij eenzelfde vernattingsactiviteit dan in droge jaren. Uiteindelijk zal het grondwaterregime hetzelfde worden maar indien de vernatting in een periode met een hoog neerslagoverschot plaatsvindt zal de grondwaterstandsstijging veel abrupter verlopen en veel meer schade kunnen veroorzaken. Bij een abrupte stijging zullen veel sterkere anaërobe condities in de wortelzone optreden en zullen wortelstelsels meer moeite hebben zich aan te passen aan de hogere waterstanden.

Al deze aspecten spelen zowel voor de bomen als voor de ondergroei (Kemmers, 1996). Een speciaal aspect van de ondergroei, dat met de gevolgen van de voorafgaande verdroging samenhangt, is het weer verschijnen van plantensoorten die door verdroging zijn verdwenen. Informatie over dat aspect van hervestiging is te vinden bij Grashof-Bokdam (1997). Voor bomen is in grote lijnen het volgende op te merken:

- Vernatting betekent een verbetering van de watervoorziening, maar houdt tevens het risico van wortelsterfte en verdrinking in.
- De N-beschikbaarheid neemt af, maar dat zou in door atmosferische stikstofdepositie verrijkte gronden een voordeel kunnen zijn.
- De NH_4/NO_3 -verhouding in het wortelmilieu neemt toe, hetgeen van betekenis is voor de wortelvorming (vermindering wortelmassa, zie beneden).
- Het Ca-gehalte van het grondwater kan toenemen. Volgens de Duitse bosbouwliteratuur (Wittich, 1959) is er een zekere samenhang tussen het Ca-gehalte van het grondwater en de geschiktheid voor boomsoorten. Voor weinig eisende boomsoorten (bv. grove den) is ca. 20 mg Ca.l^{-1} voldoende, voor veeleisende boomsoorten (bv. populier en es) is minstens 50 mg Ca.l^{-1} vereist. Voor veel boomsoorten met matige eisen aan de bodemvruchtbaarheid is 20-50 mg Ca.l^{-1} voldoende.
- Er bestaat een kans op het optreden van K- en Fe-gebrek..
- Een toenemende P-beschikbaarheid door reductie van Fe(III)-fosfaten lijkt niet van direct belang voor de bomen, tenzij het optreedt in door atmosferische stikstofdepositie met N verrijkte gronden, hetgeen tot een meer gebalanceerde N-P-voorziening zou kunnen leiden.

Enkele specifieke gevolgen van vernatting

Op enkele hierboven genoemde onderwerpen wordt iets uitvoeriger ingegaan, omdat ze voor bomen van belang zijn, maar in samenhang met vernatting weinig worden genoemd.

In de eerste plaats neemt als gevolg van de denitrificatie niet alleen de N-beschikbaarheid af, maar ook verandert de NH_4/NO_3 -verhouding in het wortelmilieu. NO_3 verdwijnt door denitrificatie, maar NH_4 blijft achter. Deze veranderingen kunnen gevolgen hebben voor het wortelstelsel. Het eerste gevolg is dat door de afname van het N-aanbod de groei van de bovengrondse delen t.o.v. het wortelstelsel kan gaan afnemen. Dit is een algemeen plantenfysiologisch fenomeen, dat in gebieden met een hoge stikstofdepositie positief kan worden gewaardeerd. Het tweede gevolg heeft betrekking op de betekenis van de NH_4/NO_3 -verhouding voor de vorm en de massa van het wortelstelsel. Uit watercultuurstudies kan de conclusie worden getrokken dat NH_4 -voeding aanleiding geeft tot de vorming van lange, weinig vertakte wortels, NO_3 -voeding daarentegen tot een sterk vertakt, compact wortelstelsel (Bloom, 1997; Evers, 1964). Over de invloed van de NH_4/NO_3 -verhouding in watercultures op de wortelmassa van hoofdzakelijk naaldboomsoorten is de literatuur vrijwel unaniem: NH_4 veroorzaakt een lagere wortel-spruit verhouding dan NO_3 , omdat in een NO_3 -milieu meer wortelmassa gevormd wordt (Gijsman, 1990; Kamminga-van Wijk, 1991; Krajina, Maddoc-Jones & Mellor, 1973; Neitzke, 1990; Nelson & Selby, 1974; Termorshuizen & Ket, 1991; Sutton, 1969; Van den Driessche, 1971, 1978).

Het tweede deelonderwerp betreft de invloed van vernatting op de ijzervoorziening. Over de invloed daarvan blijken tegenstrijdige meningen te bestaan. De auteurs die hun opvattingen ontleen aan situaties waarbij sprake is van een hoge grondwaterstand (maar niet van "flooding") of van een slechte aëratie (Brown, 1961; Reist, 1981; Wallace & Lunt, 1960) zijn van mening dat onder deze omstandigheden ijzergebrek zal optreden. Coder (1997), die een samenvatting geeft van de gevolgen van "flooding" wijst er op dat de door reductie van MnO_2 en van Fe(III)-verbindingen gevormde ionen Mn^{2+} en Fe^{2+} in zodanig hoge concentraties kunnen optreden dat ze

toxisch kunnen gaan werken. Een tussenpositie neemt DeKock (1981) in, die ook van mening is dat onder anaërobe condities het Fe^{2+} -gehalte toeneemt, hetgeen Fe-toxiciteit kan veroorzaken. Hij koppelt echter de Fe^{2+} -opname aan de N-voorziening. Onder anaërobe omstandigheden verdwijnt NO_3 door denitrificatie, zodat alleen NH_4 overblijft. Dit ion bepaalt volgens DeKock hoeveel Fe (en P) door de plant wordt opgenomen. De auteur geeft geen verklaring voor dit proces. Het optreden van Fe-gebrek bij een gedeeltelijke anaërobie in het wortelmilieu is daarom mogelijk.

Het derde deelonderwerp betreft de invloed van vernatting op de kaliumvoorziening. Uit het populierenonderzoek (Van der Meiden, 1964) is bekend dat kaliumgebrek kan optreden op natte venige gronden en op natte beekbedgronden. Verbetering van de ontwatering geeft vaak al verbetering van de kaliumvoorziening, zodat kaliumbemesting dan niet altijd noodzakelijk is. In iepen- en essen-beplantingen is op deze gronden hetzelfde verschijnsel waargenomen. Het is daarom denkbaar dat vernatting van venige gronden en van sommige zandgronden bij meereisende (loof)boomsoorten aanleiding kan geven tot het optreden van (al dan niet latent) kaliumgebrek.

Een specifiek gevolg van vernatting kan optreden als het niet alleen wordt gecombineerd met verzuring (Beugelink, 1997), maar ook met eutrofiëring. Vele van de Nederlandse vochtige zandgronden in Zuid- en Oost-Nederland zijn in de laatste decennia blootgesteld aan een toegenomen atmosferische stikstofdepositie, die heeft geleid tot de hierboven vermelde onevenwichtigheid in de minerale-voedingsstoffenvoorziening van boomsoorten op deze zandgronden (relatieve verslechtering van de P-, K- en Mg-voorziening). Het nauwkeurig volgen van de effecten van vernatting in dergelijke gronden verdient, naast het wortelonderzoek, de aandacht.

12.3.3. Worteldiepte, grondwaterdaling, grondwaterstijging en overstroming

Algemene informatie over de betekenis van de grondwaterstand voor boomsoorten kan men o.a. vinden bij Bauvin (1997) voor populier, en bij Schütz & Van Tol (1981) en Van den Burg (1990) voor diverse boomsoorten. Enige detailinformatie over de betekenis van de grondwaterstandsamplitude voor bossen geeft Trillmich (1984) (zie hoofdstuk 12.2.5).

Een methodisch probleem in het onderzoek naar het effect van de waterhuishouding op bomen en ondergroei vormt de weergave en de voorspelling van het grondwaterstandsregime. Hiervoor worden o.a. de opnamegegevens van grondwaterstandbuizen gebruikt, hetgeen de aanwezigheid van die buizen veronderstelt. Men moet echter beseffen dat de betrouwbaarheid van de voorspelling van de grondwaterstand afhankelijk is van de waarnemingsduur van de grondwaterstanden en van de neerslag gedurende de periode van waarneming. Recentelijk zijn computerprogramma's ontwikkeld waarmee het grondwaterstandsverloop, de GLG, de GHG en de duur en overschrijdingen van bepaalde grondwaterstanden kunnen worden geschat uit korte tijdreeksen van grondwaterstandswaarnemingen en uit langjarige waarnemingen van de neerslag (Oude Voshaar & Stolp, 1997; Querner & Aarnink, 1997; Brus, 1995; Van Beusekom et al., 1990). Deze methoden zijn van belang omdat ze voor veldstudie en proefveldonderzoek een bruikbare schatting kunnen geven van de predictorvariabele grondwaterhuishouding. Verder moet men zich natuurlijk de vraag stellen of in het te onderzoeken project het grondwaterstandsverloop gelijk is aan dat bij de dichtstbijzijnde grondwaterstandsbuis. Grondwaterregimes kunnen op korte afstand sterk variëren.

Van groot belang bij voorspellen van de effecten van verdroging en vernatting op bomen is de kennis van diepte en intensiteit van de beworteling. Buitenlandse onderzoekresultaten (zoals die zijn samengevat door Jansen, 1986) zijn voor Nederlandse omstandigheden weinig bruikbaar vanwege de grote verschillen tussen de opbouw en de eigenschappen van de bodemprofielen. Het groeiplaatseisenonderzoek in Nederland heeft gegevens opgeleverd over de beworteling van diverse boomsoorten, waarvan de resultaten zijn samengevat in Van den Burg (1996a) en Olthof & Van den Burg (1990). De predictorvariabele voor de waterhuishouding was in dit onderzoek vrijwel steeds de grondwatertrap. Tabel 12.5 geeft een samenvatting van de gebruikte grondwatertrappenindeling die is opgesteld door de Stichting voor Bodemkartering, en de bij die grondwatertrappen behorende trajecten van GHG, GLG en de GVG. Toevoeging van de GVG aan de

lijst van grondwatertrappen heeft sterk bijgedragen aan een goed begrip van de betekenis van de grondwaterstand voor de beworteling van boomsoorten.

Tabel 12.5. Grondwatertrappenindeling volgens De Vries & Van Wallenburg (1990) en gemiddelde GVG-waarden volgens De Vries & Hendriks (1996)

Grondwatertrap (GT)	GHG (cm -mv.)	GLG (cm -mv.)	GVG(cm -mv.)
I	tot in maaiveld	<50	10
II	tot in maaiveld	50-80	30
II*	25-40	50-80	30
III	<40	80-120	40
III*	25-40	80-120	40
IV	>40	80-120	70
V	<40	>120	50
V*	25-40	>120	50
VI	40-80	>120	85
VII	80-140	(>140)	135
VIII	>140	(>200)	210

In het onderstaande zijn de voor een aantal boomsoorten verkregen resultaten uit dit bewortelingsdiepteonderzoek samengevat.

- 'Robusta'-populier (referentiekloon voor de euramerikaanse hybride populieren): in kleigronden gaat de beworteling bij GT VI en VII (150-170 cm - mv.) dieper dan bij GT II, III, IV en V (60-120 cm - mv.); in zandgronden is daarentegen GT VI al optimaal voor de beworteling (120-140 cm); in drogere zandgronden (GT VII) neemt de bewortelingsdiepte merkbaar af (80-120 cm - mv.); in gronden met GT V is de bewortelingsdiepte moeilijk voorspelbaar.
- Japanse-lariksopstanden hebben in zandgronden met GT III een diepere beworteling (100 cm - mv) dan in drogere gronden (GT VI-VIII: 70-80 cm).
- Douglasopstanden hebben in zandgronden met GT III een diepere beworteling (80 cm - mv.) dan in drogere gronden (50-80 cm -mv.)
- Zomereik heeft de diepste beworteling in zandgronden met GT VI en VII (100-110 cm - mv.). In nattere gronden (GT II, III en V) is de beworteling ondieper (ca. 70-80 cm - mv.), in drogere gronden (GT VIII) iets ondieper (90-100 cm -mv.).
- De bewortelingsdiepte van de fijnspar neemt toe naarmate de grond droger is (GT III: 50 cm; GT VI 80 cm; GT VIII 100 cm). In tegenstelling tot wat vaak wordt aangenomen, is de fijnspar geen vlakwortelaar, want deze boomsoort reageert scherp op de diepte van de grondwaterstand. Omdat de fijnspar vanwege zijn bekende droogtegevoeligheid vaak wordt aangelegd op gronden met een vrij ondiepe GLG, is de beworteling op deze gronden tamelijk ondiep.
- De relatie tussen de worteldiepte van de grove den en de grondwaterhuishouding is moeilijker te beoordelen. Uit het bewortelingsonderzoek volgt dat in droge gronden (GT VIII) de beworteling van deze boomsoort soms tot enkele meters diep kan gaan als op die diepte een overstoven bodemprofiel aanwezig is. In dekzandgronden bedraagt de gemiddelde worteldiepte in holtpodzolgronden (GT VIII) 60-70 cm -mv., in haarpodzolgronden (GT VIII) 100 cm en in veldpodzolgronden met GT VII, VI en V resp. 60; 60 en 70 cm -mv.

Voor het trekken van conclusies omtrent het gedrag van wortels van boomsoorten na een permanente verandering van de grondwaterstand zijn waarnemingen van Zahner (1968) en Larson (1980) van belang. Deze auteurs vinden aanwijzingen dat de wortelgroei afneemt zodra het watergehalte van de te bewortelen zone daalt beneden de veldcapaciteit, maar ook dat toegenomen mechanische weerstanden (veroorzaakt door het afgenomen watergehalte) van belang zijn. Uit het Nederlandse onderzoek kunnen voor wat betreft de invloed van grondwaterdaling als gevolg van verdroging (= permanente grondwaterdaling als gevolg van ingrepen zoals een diepere ontwatering van omringende landbouwgronden en het wegpompen van grondwater voor de publieke en industriële watervoorziening) onder enig voorbehoud de volgende conclusies worden getrokken:

- Voor een aantal boomsoorten op zandgronden is GT III optimaal voor beworteling (douglas, Japanse lariks), en geeft grondwaterdaling waarschijnlijk geen merkbare verdieping van de beworteling.

- Voor de groveden veroorzaakte een permanente verandering van GT (III en) V naar VI of VII in een grondwaterdalingsgebied een geringe verdieping van de beworteling (Olthof & Van den Burg, 1990).
- Voor een aantal andere boomsoorten (fijnspar, zomereik) op zandgronden is GT VII optimaal, zodat grondwaterdaling vanuit nattere situaties (bv. GT III, V VI) waarschijnlijk enige verdieping van het wortelstelsel veroorzaakt.
- Als het substraat waarin de grondwaterdaling plaatsvindt klei is, is de kans waarschijnlijk groter dat "de wortels het grondwater nagroeien" dan wanneer het substraat uit zand bestaat.
- Het "nagroeien" van de wortels naar een dalende grondwaterspiegel heeft lang niet altijd plaats. Deze "nagroeï" is namelijk sterk afhankelijk van de profielopbouw (gelaagdheid, leemgehalte, harde lagen).

De effecten van grondwaterstijging op de wortelgroei van boomsoorten onder andere omstandigheden dan verdrinking ("flooding") zijn weinig bekend. Veronderstellingen over de reactie van het wortelstelsel op grondwaterstijging moeten daarom worden afgeleid uit de resultaten van wortelonderzoek onder verschillende min of meer stabiele grondwaterregimes.

In de Nederlandse bosbouw is als gevolg van de waterbeheersing wel sprake van gebieden met tamelijk hoge grondwaterstanden waarop zich bossen bevinden (GT I en II), maar vrijwel niet van overstroming ("flooding"), als men de ooibossen buiten beschouwing laat. De buitenlandse literatuur geeft weinig informatie over hoge grondwaterstanden maar daarentegen veel over de effecten van "flooding" in rivierdalen (bv. in het Donaudal en in de "bottomlands" van de Mississippi), welke informatie voor Nederland echter weinig relevant is. De relatie tussen boomgroei en hoge grondwaterstanden moet daarom grotendeels aan Nederlands onderzoek worden ontleend. Het begrip "tolerantie van boomsoorten voor hoge grondwaterstanden" heeft twee aspecten, nl. "groei" en "bestaanszekerheid" die niet met elkaar mogen worden verward.

Zodra het wortelstelsel binnen het permanente bereik van het grondwater komt zal het worden beïnvloed door zuurstofgebrek en gaan afsterven. Een tweetal vragen kunnen gesteld worden: 1) Kunnen uitspraken worden gedaan over de afhankelijkheid van de worteldiepte van boomsoorten van de grondwaterstand of van de grondwatertrap, en 2) Heeft als gevolg van een in het verleden opgetreden structurele grondwaterdaling de beworteling zich verdiept? De eerste vraag is voor een aantal boomsoorten in Nederland in het bovenstaande voor een deel beantwoord. Voor de tweede vraag staat weinig materiaal ter beschikking.

In Oostelijk Flevoland bleek de wortelgroei van enkele klonen van euramerikaanse populier de zich als gevolg van bodemrijping naar beneden bewegende bovenzijde van de G-horizont (ongeveer overeenkomend met de GLG) op een afstand van ca. 10 cm te volgen (Benning & Smits, 1984). In een bosgebied in Twente bedroeg de worteldiepte van de groveden in zandgronden met GT V, waarin geen grondwaterdaling had plaatsgevonden ca. 80 cm -mv., in zandgronden waarin de oorspronkelijke GT eveneens V was geweest, maar door grondwaterdaling was overgegaan naar VI en VII, 100 cm -mv. Dit suggereert dat in oorspronkelijk tamelijk natte gronden (GT V) grondwaterdaling een zekere stimulerende invloed heeft op de wortelgroei van de groveden (Olthof & Van den Burg, 1990).

12.3.4. Gevolgen van grondwaterstandverlaging ("verdroging") en grondwaterstandverhoging ("vernatting" en "overstroming")

De optredende effecten van verdroging zijn:

- verminderde beschikbaarheid van water door de daling van de grondwaterstand
- toename van de aëratie waardoor mineralisatie gaat optreden en meer voedingsstoffen vrijkomen voor planten
- daling van de pH
- verminderde aanvoer van calciumhoudend kwelwater en daardoor toenemende invloed van (zure) neerslag in de wortelzone
- vorming van een LFH-horizont, die grotendeels bestaat uit labiele organische stof; dit is van belang als tot vernatting van verdroogde gronden wordt overgegaan (Kemmers, 1996).

Voor bomen is vooral het aspect van de verminderde beschikbaarheid van water van belang, waarbij moet worden bedacht dat een zekere mate van verdroging van zeer natte gronden een positief effect heeft op de boomgroei (Olthof & Van den Burg, 1990). De ondergroei reageert merkbaar op de meeste veranderingen.

De kwantitatieve effecten van grondwaterstandstijging op een aantal bodemkundige predictorvariabelen zijn redelijk goed bekend: het vochtleverend vermogen van de grond neemt toe en de luchtvoorziening neemt af. Afhankelijk van de mate van beide effecten kunnen de omstandigheden voor boomgroei beter of slechter worden. Zolang de boomwortels geen zuurstofgebrek krijgen zal de groei in het algemeen toenemen door de betere vochtvoorziening. Naarmate de grondwaterstand hoger komt in de wortelzone zal de zuurstofbeschikbaarheid afnemen. Zuurstofgebrek is te verwachten in die bodemlagen waar alle poriën gevuld zijn met water. Dit zijn de lagen beneden de grondwaterspiegel alsmede het gebied van de volcapillaire zone daarboven. Behalve zuurstofgebrek kunnen in deze lagen ook koolzuurovermaat en toxische stoffen, die in een anaëroob milieu ontstaan, voor wortelsterfte zorgen. Wortels die te lang binnen de verzadigde, anaërobe zone verkeren sterven af met als gevolg een ondiepere beworteling en gevaar voor windworp. De ondiepere beworteling kan in een volgende droge periode zelfs tot droogteproblemen leiden ondanks de gestegen grondwaterstand.

Uitzonderingen op de regel dat waterverzadiging zuurstofgebrek veroorzaakt, komen voor bij bewegend zuurstofrijk water en bij bepaalde boomsoorten (en andere planten) die aangepast zijn aan anaërobe omstandigheden in het wortelmilieu (bv. els).

De literatuur over de gevolgen van een hoge grondwaterstand in het bodemprofiel is zeer uitgebreid, maar de informatie is vrijwel steeds dezelfde. Basisinformatie is o.a. te vinden in het handboek van Schachtschabel et al. (1989). Minimaal moet het aandeel van de bodemlucht 4-6% van het totale bodemvolume bedragen. Als optimaal geldt een waarde van 15 volumeprocent. De bodemlucht zelf moet minstens 10% O₂ en hoogstens 5% CO₂ (v/v) bevatten, beide op basis van het met lucht gevulde bodemvolume. Om een voldoende zuurstofvoorziening van de wortels van gevoelige planten te garanderen moet het luchtgehalte in de bodem in het algemeen boven 10 volumeprocenten zijn, afhankelijk van vorm en grootte van de poriën en het al dan niet geblokkeerd zijn daarvan (Visser, 1977 in Houben, 1979). In dit verband wordt gesproken van de gunstige effecten van een doorlopend poriënstelsel waardoor gasuitwisseling met de atmosfeer mogelijk is, in tegenstelling tot afgesloten poriën waarbij het contact met de atmosfeer geblokkeerd is.

Met toenemende waterverzadiging neemt de O₂-diffusie uit de atmosfeer in de bodem snel af. Aërobe micro-organismen verbruiken de nog aanwezige zuurstof in ca. twee dagen, afhankelijk van bijvoorbeeld temperatuur en de aanwezigheid van gemakkelijk oxideerbare organische stof. Daarna gaan facultatief-anaërobe en obligaat-anaërobe micro-organismen andere electronenacceptoren dan O₂ gebruiken. De meeste auteurs geven wel informatie over de gevolgen van overstroming (welke informatie bruikbaar is om de gevolgen van verdrinking te voorspellen), maar niet over de gevolgen van gestegen grondwaterstanden die grotendeels beneden het maaiveld blijven. Voor zover deze informatie over verdrinking van belang is, wordt ze hieronder samengevat. De gegevens zijn ontleend aan een recent artikel van Coder (1997) over de gevolgen van overstromingen in de "bottomlands" van Noord-Amerikaanse rivieren.

Van overwegend belang is volgens Coder het optreden van zuurstofgebrek na overstroming, waarmee veel reacties in de bodem kunnen worden verklaard: reductie van NO₃⁻, MnO₂, Fe³⁺ en SO₄²⁻, waardoor achtereenvolgens N₂, Mn²⁺, Fe²⁺ en S²⁻ worden gevormd. Het laatste wordt vastgelegd als metaalsulfide (o.a. FeS). In het laatste geval kan men zich overigens afvragen wat er zal gebeuren als niet voldoende Fe en andere metaalkationen ter beschikking staan om het sulfide-ion te neutraliseren door vastlegging. Uit waarnemingen in een Corsicaanse-dennenbos in een opstand die was gelegen aan een duinvoet is bekend dat stijging van de grondwaterstand aanleiding gaf tot vorming van H₂S dat naar de atmosfeer ontweek en sterfte van het wortelstelsel boven de grondwaterspiegel veroorzaakte.

De gevolgen van overstroming voor de boomgroei zijn tamelijk goed bekend. De directe gevolgen zijn zuurstofgebrek, gevolgd door het afsterven van het wortelstelsel en N-verlies door denitrificatie. Verder kan afname van de P- en K-opname optreden door onderdrukking van

sommige mycorrhizae, en door verschuivingen in de mycorrhizasamenstelling. Coder geeft enige ervaringsregels, die voor het vernattingsonderzoek van belang zijn, omdat ze de gevoeligheid van boomsoorten voor een te ver doorgevoerde vernatting ("verdrinking") aangeven:

- Naaldbomen zijn voor overstroming gevoeliger dan loofbomen.
- Bomen van middelbare leeftijd tolereren overstroming beter dan jonge en oude bomen.
- Overstroming wordt in het winterseizoen het beste verdragen.
- Het gevaarlijkst zijn (in het voorjaar) de blad- en naaldontluikingsperiode en (in het najaar) de bladvalperiode.

De lijst met voor overstroming (in)tolerante Noord-Amerikaanse boomsoorten, die Coder heeft samengesteld is hier niet gereproduceerd omdat ze niet bruikbaar voor de Nederlandse situatie. Andere auteurs geven min of meer dezelfde informatie over de gevoeligheid van boomsoorten voor overstroming en de overwegende betekenis van zuurstofgebrek; en ook zij hebben tolerantelijsten opgesteld (Crawford, 1982; Kozlowski, 1982, 1986; Loucks, 1987; Neuman et al., 1996; White, 1973). Voor de Nederlandse situatie is in feite alleen de publicatie van Gill (1970) van belang, die aangeeft dat van de voor Nederland van belang zijnde boomsoorten alleen de zwarte els (*Alnus glutinosa*), de schietwilg (*Salix alba*) en euramerikaanse populieren (hybriden behorende tot de groep *Populus x euramericana*) overstromingstolerant zijn. Waarschijnlijk moet het voorbehoud worden gemaakt dat deze tolerantie van populier hoofdzakelijk geldt als er sprake is van stromend water, en dat bij de zwarte els het water niet hoger mag komen dan de plaats van de stam waar zich de onderste lenticellen bevinden. Echter ook de zomereik en de es zijn enigszins overstromingstolerant, hetgeen in uiterwaarden valt waar te nemen.

In tegenstelling tot de effecten van overstroming - die vaak op het optreden van een calamiteit neerkomen - zijn de effecten van vernatting moeilijker te voorspellen. In het voorafgaande is een samenvatting uit de literatuur gegeven van de processen die kunnen optreden in vochtige bossen, processen die het gevolg zijn van verdroging en vernatting. Verdroging en vernatting zijn elkaars tegenhangers, waarbij echter rekening gehouden moet worden met een zekere mate van hysteresis of zelfs van irreversibiliteit, die maken dat processen hetzij slechts verlangzaamd omkeerbaar, of in het geheel niet omkeerbaar zijn. Verder zijn de effecten van vernatting op bomen en ondergroei verschillend (Werkgroep Ecologische aspecten van Grondwateronttrekking, 1985; Grootjans, 1975; Kemmers, 1996; Kemmers, Van Delft & Mekking, 1993; Schoumans, 1996).

12.3.5. Relatie groei en windworrisico met grondwaterstanden

Wat is nu het effect van de grondwaterstand op de groei van bomen? Door de Stichting voor Bodemkartering (Staringcentrum sinds 1989) is de relatie tussen bodemeigenschappen en boomgroei onderzocht en in kwalitatieve termen beschreven (Haans, 1979; Van Lynden en Bakker, 1990). Zo'n onderzoek is een bepaalde vorm van landevaluatie, die bijvoorbeeld bij de interpretatie van bodemkaarten aan de orde kan komen.

De procedure is in het kort als volgt. Bodemkartering of profielstudie geeft voor een bepaalde plaats een aantal bodemeigenschappen, zoals organische stofgehalte, kleigehalte en grondwatertrap. Deze bodemeigenschappen moeten vertaald worden in voor het landgebruik zinvolle kwalificaties. Hiervoor heeft men een aantal relevante groeiplaatsomstandigheden genomen waarop de beoordeling plaatsvindt. Deze groeiplaatsomstandigheden worden beoordelingsfactoren genoemd. Voor bosbouw zijn de beoordelingsfactoren:

- ontwateringstoestand OT (in 5 gradaties),
- vochtleverend vermogen VL (in 5 gradaties),
- legendagroep, dit is ruwweg een indeling naar textuur in veen, zand/leem en klei (in 3 gradaties),
- zuurgraad pH (in 3 gradaties) en
- voedingstoestand VT (in 5 gradaties) (Van Lynden en Bakker, 1990).

Voor akkerbouw en weidebouw worden deels andere beoordelingsfactoren gebruikt zoals bijvoorbeeld 'stevigheid van de bovengrond'.

Het indelen van de beoordelingsfactoren in gradaties en het maken van een tabel waarmee uit de gevonden gradaties de bodemgeschiktheid voor bosbouw van een bepaalde groeiplaats bepaald wordt, is het resultaat van een groot aantal correlatieve studies. Bij de vernatting gaat het vooral

om de groeiplaatsomstandigheid (beoordelingsfactor) ontwateringstoestand, de andere beoordelingsfactoren worden hier buiten beschouwing gelaten. Wat de ontwateringstoestand betreft zijn in eerste instantie de grondwatertrappen (zie Tabel 12.5) vertaald naar 5 klassen of gradaties van de ontwateringstoestand (Tabel 12.6).

Tabel 12.6. Gradaties in ontwateringstoestand, bijbehorende referentiewaarden voor gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), bijbehorende grondwatertrappen (GT) en GHG's volgens de Gt-indeling van Tabel 12.5 (Bron: Haans, 1979)

Gradatie	GHG-referentiewaarde (cm - maaiveld)	GT	GHG volgens Gt-indeling (cm - maaiveld)
1 (zeer diep)	>80	VII, VII*	>80
2 (vrij diep)	40-80	IV, VI	40-80
3 (matig diep)	25-40	II*, III*, V*	25-40
4 (vrij ondiep)	15-25	II, III, V, soms I	<25
5 (zeer ondiep)	<15	I, soms II	<20

De GHG-referentiewaarde is in feite een nadere precisie van de GHG van de grondwatertrappenindeling van Tabel 12.5, vooral voor de lagere trappen. Zo kunnen GT I en II zowel in de gradatie 4 (vrij ondiep) als 5 (zeer ondiep) voorkomen. De eerste stap in de evaluatie is dus het vertalen van de grondwatertrap naar gradatie van ontwateringstoestand.

Ook voor de andere beoordelingsfactoren (vochtleverend vermogen, voedingstoestand en zuurgraad) zijn dergelijke indelingen gemaakt. Deze worden hier niet verder behandeld. In een aantal tabellen worden combinaties van deze eigenschappen en de daarbij behorende boomgroei samengebracht. Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in Vrielink et al. (1987) voor de boswachterij De Vuursche op de Utrechtse Heuvelrug.

Hierbij zijn eerst de criteria vastgesteld om groeiplaatsen in te delen in plaatsen met een goede, een normale en een slechte groei voor een aantal boomsoorten. Deze criteria hebben betrekking op de aanwas en op de S-waarde (Tabel 12.7). De aanwas is de toename aan stamhout per oppervlakte- en tijdseenheid en de S-waarde is de hoogte die dominante bomen op een bepaalde groeiplaats bereiken bij een onbeperkte groeiduur.

Tabel 12.7. Criteria voor indeling groeiplaatsen in plaatsen met een goede, normale en slechte groei (Bron: Van Soesbergen et al., 1986)

	Gemiddelde aanwas (m ³ /ha.a)			S-waarde (m)		
	goed	normaal	slecht	goed	normaal	slecht
Boomsoort:						
Populier	≥17.0	12.5-17.0	<12.5			
Douglasspar	≥13.5	8.8-13.5	< 8.8	≥37	29-37	<29
Fijnspar	≥12.3	7.6-12.3	< 7.6	≥36	28-36	<28
Japanse lariks	≥11.9	7.2-11.9	< 7.2	≥26	20-26	<20
Beuk	≥ 6.8	3.4- 6.8	< 3.4	≥30	22-30	<22
Grove den	≥ 6.6	4.2- 6.6	< 4.2	≥27	21-27	<21
Zomereik	≥ 6.5	3.5- 6.5	< 3.5	≥30	22-30	<22

Dit systeem is nader uitgewerkt door Schutz en van Tol (1990) voor de in Nederland voorkomende bodemtypen om de groeiverwachting van een aantal boomsoorten te voorspellen. Ook zij baseren de groeiverwachting op de factoren: ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen,

voedingstoestand en zuurgraad. Een combinatie van deze factoren leidt tot een van de klassen: goede, gemiddelde en slechte groei per boomsoort. Voor een groot aantal combinaties van bodemtypen en grondwatertrappen zijn deze groeiverwachtingen gegeven.

Deze gegevens zijn geanalyseerd om daaruit het effect van de ontwateringstoestand op de boomgroei te distilleren. Hieruit komt het algemene beeld naar voren zoals dat in Tabel 12.8 gegeven is. De groeiverwachting die in Tabel 12.8 gegeven is bij een bepaalde ontwateringstoestand veronderstelt dat de andere groeiplaatsomstandigheden niet in het minimum verkeren. Is dat wel het geval dan kunnen lagere groeiverwachtingen het gevolg zijn. Het is zelfs zo dat vaak bij een hogere grondwaterstand een betere groei optreedt, niet vanwege de groeiplaatsomstandigheid OT, maar vanwege de groeiplaatsomstandigheid VL. De tabel geeft dus niet de relatie aan tussen groei en OT, maar het optreden van groeivermindering als gevolg van een te hoge grondwaterstand.

Tabel 12.8. Globale groeiverwachting als functie van gradaties in ontwateringstoestand OT (zie Tabel 12.6), aannemende dat de andere groeiplaatsomstandigheden niet in het minimum verkeren

Boomsoort	Goed	Groei gemiddeld	slecht
Beuk	1,2	3	4
Douglas	1,2	3	4
Eik	1,2,3	4	5
Grove den	1,2,3	4	5
Lariks	1,2,3	4	5
Es	2,3	4	5
Fijnspar	2,3,4	5	
Populier	3	4	5
Wilg	3	4	5
Els	3,4	5	

De bovenstaande tabel is ontleend aan Schütz en Van Tol (1990). Uit de tabel volgt dat beuk en douglas groeivermindering vertonen bij ontwateringstoestand 3, dwz bij een GHG van 25-40 cm en dat een slechte groei te verwachten is bij 4, dwz een GHG <25 cm. Voor de tweede groep (eik, grove den en lariks) treedt groeivermindering pas op bij een GHG van 15-25 cm en een slechte groei bij GHG <15 cm. De derde groep omvat een aantal soorten die bestand zijn tegen een hoge grondwaterstand. Frappant is dat Schütz en Van Tol (1990) voor de fijnspar en de els een gelijke gevoeligheid voor hoge grondwaterstanden aangeven, terwijl es, populier en wilg in gevoeligheid zouden overeenkomen met groep 2 (eik, grove den en lariks). Een verdere verfijning van de grondwatertrappen is hier wellicht geboden. Overigens moet men bedenken dat naast ontwateringstoestand de andere groeiplaatsomstandigheden ook een rol spelen. Globaal kan men stellen dat het vochtleverend vermogen (VL) en de voedingstoestand (VT) de meeste invloed hebben en dat de ontwateringstoestand pas in extreme situaties van belang wordt. Zo zal bijvoorbeeld de beuk vaak een slechte groei vertonen bij een gradatie van de ontwateringstoestand van 1 of 2 bij een slechte VL of VT.

Een indruk van de tolerantie voor structureel hoge grondwaterstanden kan men verder verkrijgen uit het overzicht in Tabel 12.9. waar de relatieve S-waarde (opperhoogteboniteit) van een aantal in Nederland veel toegepaste boomsoorten is weergegeven. "Tolerantie" veronderstelt dat de boomsoort niet in zijn bestaan wordt bedreigd, maar wel een zekere mate van groeivermindering vertoont als gevolg van een niet meer optimale luchtvoorziening. In Tabel 12.9 zijn de effecten van de groeiplaatsfactoren OT en VL gestrengeld. Daarom komt de beste groei vaak voor op plekken met een sub-optimale ontwatering, waar de vochtleverantie als gevolg van de hoge grondwaterstand een sterker positief effect heeft dan het negatief effect van de verminderde luchtvoorziening aan de wortels.

Tabel 12.9. Overzicht van de gemiddelde relatieve opperhoogteboniteit (hoogste S-waarde (m) = 100) per grondwatertrap voor een aantal boomsoorten in Nederlandse bossen (tussen haakjes: voor grondwatertrap II*, III* of V*)

boomsoort	GT							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
grove den	-	-	93	-	89 (93)	88	87	100
Corsicaanse den	-	-	100	-	81	88	87	92
douglas	-	-	100	-	93	88	89	92
Japanse lariks	-	-	100	-	95 (95)	98	93	94
fijnspar	-	59	100	-	99 (70)	94	88	87
Sitkaspar	-	95	-	-	95	94	100	
zomereik	-	78 (75)	94 (89)	-	95	100	98	88
wintereik	-	-	-	-	-	-	-	100
beuk	-	-	88 (100)	-	84 (106)	100	88	92
es	99	95	93	99	100	80	85	-
euramerikaanse populier	-	97 (103)	97 (99)	97	100 (94)	95	90	83
zwarte els	87	100	95	89	96	92	69	85
berk ¹⁾	45	71	100	81	90	89	79	73

-) geen gegevens beschikbaar

¹⁾ de beschikbare gegevens maakten het niet mogelijk onderscheid te maken tussen de ruwe en de zachte berk (zie Clercx et al. 1994)

De gegevens van Tabel 12.9 zijn ontleend aan Van den Burg (1996b) en aan nog niet gepubliceerde resultaten van groeiplaatseisenonderzoek voor een aantal boomsoorten door het IBN-DLO. Tabel 12.9 geeft slechts de relatieve groei aan per grondwatertrap. Gevaren zoals sterfte en windworp ten gevolge van zeer hoge grondwaterstanden komen daarin niet tot uiting. Maximale grondwaterstanden, aangevende het al dan niet kunnen overleven van de boomsoort, en het windworprisico worden gegeven in Tabel 12.10.

Tabel 12.10. Globale tolerantie van enkele boomsoorten tegen structureel zeer hoge grondwaterstanden cq. overstroming

boomsoort	tolereert GT	minimale GT-waarde ¹⁾ mbt windworprisico
zwarte els	I-F	I
schietwilg	I-F	I
berk	I	I
es	I/II ²⁾	I?
euramerikaanse populier ³⁾	II-F	II*,III*,V*
grove den	II	III*
zomereik	II/III	III*
Sitkaspar	II/III	?
fijnspar	(II/)/III	III*
Japanse lariks	(II/)/III (III*)	V*
Corsicaanse den	III	?
douglas	III (III*)	V*
beuk	III (III*)	V*

I, II, ... : Grondwatertrap ;

-F: tolereert overstroming ("flooding") (cf. Gill, 1970)

¹⁾ grondwatertrap waarbij de ontwateringstoestand voldoende is ivm windworprisico

²⁾ gebaseerd op slechts één waarneming op GT I

³⁾ dit heeft vooral betrekking op de kloon 'Robusta'; bij Bauvin (1997) is gedetailleerde informatie te vinden over enkele andere euramerikaanse en (zwarte-)balsempopulieren

De gegevens in de kolom "tolereert GT" zijn afkomstig van Van den Burg (1996b) en van nog niet gepubliceerde resultaten van groeiplaatseisenonderzoek voor een aantal boomsoorten door het IBN-DLO (Van den Burg, in voorbereiding). De gegevens over de minimaal vereiste GT in verband met windworprisico zijn ontleend aan De Bijl & Hoekstra (1990) en aan ongepubliceerde gegevens van het IBN-DLO over 'Robusta' populier en douglas. Bij het gebruik van de gegevens van de Tabellen 12.9 en 12.10 moet men bedenken dat de kennis omtrent de tolerantie van boomsoorten tegen hoge grondwaterstanden in Nederland berust op incidentele waarnemingen, niet op systematisch onderzoek. Verder wordt er nadrukkelijk op gewezen dat het hier gegevens betreft over de tolerantie tegen "natte" grondwatertrappen als I, II en III, maar in het algemeen niet over de tolerantie tegen "overstroming" cq. "verdrinking" (grondwatertrap "O"), waarvoor alleen aan Gill (1970) ontleende gegevens zijn opgenomen.

Opnieuw is geen onderscheid gemaakt tussen de zachte en de ruwe berk, de gegevens betreffen waarschijnlijk hoofdzakelijk de zachte berk. Voor de ruwe berk wordt aangenomen dat de grondwatertrap minstens II moet zijn. Uit Tabel 12.10 volgt dat beuk en douglas grondwatertrap III tolereren, waarbij echter volgens Schutz en van Tol (Tabel 12.8) met een slechte groei gerekend moet worden. Populier, grove den, zomereik, fijnspar en Japanse lariks zouden zelfs grondwatertrap II kunnen verdragen en daarbij nog een gemiddelde tot goede (fijnspar) groei vertonen. De zwarte els zou een gemiddelde groei vertonen bij grondwatertrap I. Schietwilg en es kunnen ook grondwatertrap I verdragen maar daarbij moet echter met een slechte groei rekening gehouden worden. Tenslotte geven De Bijl & Hoekstra (1990) aan dat vooral beuk, douglas en lariks windworpgevoelig zijn bij hoge grondwaterstanden.

Paasman (in voorbereiding) heeft een voorlopige indeling gemaakt naar de effecten van grondwaterstandstijging op groei en risico van windworp. Hierbij maakt hij onderscheid tussen tijdelijke en blijvende negatieve effecten afhankelijk van de grootte van de stijging. Deze indeling moet nog nader uitgewerkt worden.

Complicaties treden op als de resultaten van onderzoek naar de relatie tussen beworteling en in de tijd min of meer constante grondwaterstandspatronen (bv. de relatie tussen worteldiepte en grondwatertrap) worden gebruikt om de reactie op een permanente, zeer snel gerealiseerde grondwaterstandsverandering te voorspellen, hetgeen kan worden geïllustreerd met het volgende

voorbeeld. Xu, Röhrig en Fölster (1997) vonden dat de beworteling van *Abies grandis* in natte gronden merkbaar dieper ging (55-85 cm - mv.) dan die van fijnspar in dezelfde gronden (25-55 cm - mv.). Dit verschil is uit de bosbouwpraktijk bekend. Daarentegen stelden Oosterbaan & Van den Berg (1995) vast dat in een oorspronkelijk nat gebied waarin de GT door een vroegere permanente grondwaterdaling V-VI was gaan bedragen, een daarna uitgevoerde grondwaterstandstijging van ca. 40 cm sterfte veroorzaakte bij *Abies grandis*, maar op de fijnspar in hetzelfde gebied geen invloed had. Dit verschil in gedrag van beide boomsoorten na grondwaterstijging kan worden verklaard uit de in de daaraan voorafgegane periode opgetreden grondwaterdaling. De beworteling van *Abies grandis* bleek na de vroegere grondwaterdaling dieper te zijn doorgedrongen dan die van de fijnspar (hetgeen in overeenstemming is met de bevindingen van Xu et al.), maar deze diepere beworteling was niet bestand tegen permanent zuurstofgebrek, veroorzaakt door de latere snelle grondwaterstijging. Wegens de ondieper gebleven beworteling van de fijnspar leed deze boomsoort tot nu toe veel minder schade door de latere snelle grondwaterstijging.

Hieronder worden enkele praktijkvoorbeelden en overwegingen met betrekking tot vernatting gegeven.

- In het bosgebied rond Schoonheten zijn de grondwaterstanden sinds de zestiger jaren sterk gedaald, welke situatie gehandhaafd bleef tot het einde van de tachtiger jaren. (Griffioen, 1995; Bentinck van Schoonheten, 1995). In de periode 1989-1995 zijn in het kader van verdrogingsbestrijding de grondwaterstanden in het bos rond het kasteel Schoonheten ca. 40 cm gestegen. De grondwatertrap van deze bossen bedroeg in de zeventiger en tachtiger jaren meestal V en nu dus ongeveer II. Enkele op deze gronden gelegen *Abies grandis*-opstanden zijn zeer waarschijnlijk als gevolg van de plotselinge, permanente grondwaterstijging afgestorven.
- De Bijl (1990b) vermeldt bossterfte in de boswachterij Mastbos door grondwaterstijging, die het gevolg was van het achterwege laten van slootonderhoud. Deze auteur deelt ook mee dat het beheer van mening was dat oud bos niet aan grondwaterstandstijging moet worden onderworpen, om het risico van verdrinking te vermijden.
- Voor een bosgebied in de boswachterij Hooghalen, met keileem binnen wortelbereik, is berekend welke grondwaterstand nodig zou zijn om droogtegevoelige naaldboomsoorten permanent van voldoende water te voorzien. Indien tot de gewenste grondwaterstandsstijging zou worden overgegaan, zouden de dichtheid van het slotenstelsel en de keileemdiepte plaatselijk opbolling van de grondwaterstand tot in het maaiveld te veroorzaken, hetgeen tot bossterfte zou leiden (De Bijl, 1990c; Streefkerk, 1989).
- In de boswachterij Gees is in 1993 een vernattingsprogramma uitgevoerd (Dijkstra, 1996a en b) dat na de natte julimaand van 1993 en het natte voorjaar van 1995 heeft geleid tot een zeer sterke verhoging van de grondwaterstand (tot boven het maaiveld), hetgeen aanleiding gaf tot sterfte van Japanse-lariks- en fijnsparopstanden. Hierbij werd onder meer geconstateerd dat Japanse lariks meer gevoelig is voor vernatting dan fijnspar.
- In het Leenderbos is als gevolg van vernatting, die is uitgevoerd ter verhoging van de grondwaterstand in een ven, in 1997 sterfte opgetreden in een Douglasopstand waarin de grondwaterstand als gevolg van de vernatting eveneens was gestegen (Peeters, mondelinge mededeling).
- De zomereik staat bekend om zijn, in vergelijking met andere op de zandgronden veel toegepaste boomsoorten, grote tolerantie voor hoge grondwaterstanden. In de tweede helft van de tachtiger jaren zijn echter als gevolg van enkele natte perioden, in zomereikenopstanden op gronden met GT III en V schade- en sterfteverschijnselen waargenomen, die op drogere gronden (GT VI en VII) niet zijn opgetreden. Wel moet daaraan worden toegevoegd dat insectenaantasting en wintervorst de door hoge grondwaterstanden veroorzaakte schade hebben vergroot. Dus hoewel de groei bij hoge grondwaterstanden goed is moet toch met een grotere gevoeligheid voor ziektes onder natte omstandigheden rekening gehouden worden.
- Kopinga (1981) heeft gewezen op de vaak desastreuze gevolgen van het dempen van sloten voor de er langs staande beplantingen.
- Vernattingsschade van landbouwgronden is waargenomen na vernatting van aangrenzende bos- en natuurterreinen (De Lange, 1995), hoewel het klagen hierover enigszins hypocriet klinkt omdat vooral de landbouw de veroorzaker van verdroging is geweest.
- Querner & Aarnink (1997) wijzen erop dat veranderingen in de grondwaterstand op korte termijn hoofdzakelijk worden veroorzaakt door het neerslagoverschot. Dat betekent o.a. dat het effect van een permanente grondwaterstandsstijging in een nat jaar geheel anders kan

uitpakken dan in een droog jaar, hetgeen de interpretatie van vernattingsonderzoek beïnvloedt.

12.3.6. Hoe ver mag de grondwaterstand omhoog?

De vraag: “Hoe ver en hoe snel mag de grondwaterstand omhoog worden gebracht?”, kan op dit moment niet nauwkeurig beantwoord worden. Uit het bovenstaande volgt dat bij beuk en douglas problemen te verwachten zijn bij GHG's < 40 cm en voor de meeste andere boomsoorten bij GHG's van < 25 cm. Fijnspar schijnt geen probleem te hebben met een GHG van 15 cm hoewel het windworpgevaar dan wel groot zou kunnen worden en de els voelt zich thuis in een permanent natte groeiplaats, hoewel de groei beter is op iets drogere plaatsen. Van belang zijn bovendien de fluctuaties in de grondwaterstand over het jaar. Bomen in (winter)kale toestand kunnen een hogere grondwaterstand verdragen en over een langere periode dan bomen in loof. De ontbottingsperiode in het voorjaar lijkt daarbij extra gevoelig.

Verder kan een verhoogde grondwaterstand tot een bepaald niveau niet gelijk gesteld worden aan een blijvende stand op dat niveau. Bij een daling van de grondwaterspiegel in het verleden hebben de bomen hun wortelstelsel aangepast (uitbreiding naar onderen bij vervanging van water in porien door lucht en dus ook zuurstof) en hun groei en ontwikkeling daarop afgestemd. Nu wordt de omgekeerde beweging gemaakt, de grondwaterspiegel stijgt en de wortels sterven af. Is de boom nu nog in staat om hoger in het profiel een nieuw wortelstelsel te maken, de openingen in de verdrongen laag, ontstaan door afsterven en inrotten van wortels, te dichten (compartimentalisering) en aanvallen van schimmels en insecten af te slaan?

Het moet benadrukt worden dat naar dit verband tussen ontwateringstoestand en groei weinig kwantitatief onderzoek uitgevoerd is. De hier gegeven verbanden zijn voor een groot deel gebaseerd op “expert judgement”. Daarom is het van groot belang om in het kader van het OBN-natte bossen de relatie boomgroei-grondwaterstand systematisch te bestuderen, zoals voorgesteld in het Proefplan Vernatting Geestmerambacht (Oosterbaan, 1995).

Gedocumenteerde resultaten van monitoring van vernattingsprojecten zijn nog niet bekend. Vernattingsmaatregelen moeten onder deskundige leiding worden uitgevoerd, omdat te hoge grondwaterstanden het risico met zich meebrengen dat (delen van) het bos afsterft. Maatregelen die leiden tot een grondwaterstand van circa 80 cm beneden maaiveld, worden als toetsingsmaatregel beschouwd. Maatregelen die tot een hogere grondwaterstand leiden dienen, in verband met het niet acceptabele risico van bossterfte, nader onderzocht te worden in onderzoeksprojecten (IKC/Oranjewoud, 1995). Als we aannemen dat met de grens van 80 cm de gemiddelde hoogste grondwaterstand bedoeld wordt, volgt hieruit dat voorlopig alle hydrologische maatregelen in natte bossen, waarbij in het algemeen (veel) hogere waterstanden nagestreefd worden dan 80 cm beneden maaiveld, tot de onderzoeksmaatregelen zullen behoren. Bij waterstanden (GHG) dieper dan 80 cm spreekt men niet van natte bossen.

In het voorgaande wordt ervan uitgegaan dat bij vernatting multifunctionaliteit behouden moet blijven. In de praktijk kan het voorkomen dat bij een bepaalde gewenste hydrologische maatregel niet al het multifunctioneel bos als zodanig behouden kan blijven. In de boswachterij Gees bijvoorbeeld worden door de vernattingsmaatregelen zo'n 770 ha bos beïnvloed. Hiervan raakt ca 120 ha te nat voor multifunctioneel bos en krijgt een natuurbestemming om te ontwikkelen tot berkenbroekbos of vochtig berken-zomereikenbos. Voor ca 650 ha bos kan multifunctionaliteit wel gehandhaafd blijven en voor dit bos wordt in het algemeen een verbetering van de groeiomstandigheden verwacht (tot het niveau van vochtig wintereiken-beukenbos). De hydrologische maatregelen in Gees worden genomen in het kader van herinrichting van een veel groter gebied dat ook 500 ha beekdalgrasland omvat dat zich moet ontwikkelen tot dotterbloemhooilanden en kamgrasweiden met lokaal bron- en elzenbroekbossen. Bij vernattingsprojecten zal dit vaker het geval zijn: hydrologische ingrepen zullen zowel bossen als andere vegetaties beïnvloeden en delen van het multifunctionele bos zullen te nat worden om multifunctioneel te blijven.

12.4. Maatregelen

Het optreden van eutrofiëring en verzuring van bossen in Nederland wordt uitvoerig besproken in Klap & Schmidt (1992; p. 7-26). Deze processen wijken in vochtige multifunctionele bossen in beginsel niet af van die in droge bossen. Bij de toepassing van effectgerichte maatregelen tegen eutrofiëring en verzuring moet rekening gehouden worden met het optreden van neveneffecten (Van Tol, 1995). Voor droge bossen zijn enkele uitzonderingen gemaakt voor het toepassen van bemesting en bekalking als effectgerichte maatregelen. Deze uitzonderingen betreffen voedselarme typen Dennenbos (geen bemesting en/of bekalking), loofbossen op oude groeiplaatsen (hoogstens K- en/of Mg-bemesting), loofbossen en struwelen in het Duindistrict (maatregelen staan ter discussie), en hellingbossen (geen bemesting en/of bekalking noodzakelijk). Voor multifunctionele bossen kan een afweging worden gemaakt op basis van de hoofdfunctie. Als de hoofdfunctie natuurbehoud is, is het voorstelbaar dat bemesting en/of bekalking achterwegen worden gelaten, op grond van overwegingen die men kan vinden bij Van Tol (1995). Men moet wel beseffen dat in terreinen waar zowel eutrofiëring, verzuring als verdroging hebben plaatsgevonden, de oorspronkelijke situatie niet alleen door vernatting is te herstellen, omdat verzuring en eutrofiëring kunnen hebben geleid tot een zekere mate van irreversibiliteit. De effecten van vernatting van terreinen waar de verzuring (en de eutrofiëring) voortgaande processen zijn, zijn deels onbekend (Beugelink, 1997).

Een overzicht en beschrijving van de in multifunctionele, vochtige bossen mogelijk te nemen effectgerichte maatregelen tegen eutrofiëring, verzuring en verdroging is opgenomen in Klap & Schmidt (1992; p. 31-43) en Bouwma & Olsthoorn (1997; p. 19-21). In de eerstgenoemde publicatie vindt men ook een overzicht van de te monitoren variabelen. Voor gedetailleerde informatie wordt verwezen naar deze publicaties. Van belang is de conclusie van Bouwma & Olsthoorn dat tot nu toe alleen de maatregelen "bekalking" en "nutriëntengiften" praktijkrijp zijn. De voor het tegengaan van verdroging noodzakelijke hydrologische maatregelen ("vernatting") verkeren nog in het stadium "voorgesteld", waarna de stadia "consensus" en "wetenschappelijk getoetst" nog moeten worden doorlopen. Blijkbaar moeten hydrologische OBN-maatregelen tot de categorie "onderzoekmaatregel" worden gerekend, hoogstens tot de categorie "toetsingsmaatregel", maar niet tot de categorie "autonome maatregel".

De effectgerichte maatregel die wordt omschreven als "verloving" (ook wel "verloofing" gespeld) blijft buiten beschouwing. Als effectgerichte maatregel is ze inconsequent omdat effectgerichte maatregelen de periode die verloopt totdat brongerichte maatregelen zijn getroffen (beperking van de verspilling van grondwater voor niet-drinkwaterdoeleinden) moeten overbruggen. Het vervangen van naaldbossen door loofbossen heeft echter geen tijdelijk maar - vanuit de bosbouw gezien - permanent karakter. Informatie hierover geven o.a. Filius & Roosenschoon (1993) en Lardinois (1996).

De voor realisering van vernatting belangrijke vragen zijn die naar de hoogte van het grondwaterpeil dat in verdroogde gebieden moet worden opgezet, en de snelheid waarmee deze peilverhoging moet en kan worden gerealiseerd. Het antwoord op de eerste vraag kan niet op wetenschappelijke gronden worden gegeven, maar is een beleidszaak (Pellenburg, 1990). Hoogstens kan als richtlijn gelden dat het overdreven is om de grondwaterstand te verhogen tot boven het peil voorafgaand aan de plaatsgevonden hebbende grondwaterdaling, tenzij men niet meer aan herstel van de vroegere situatie denkt maar aan functieverandering.

Een praktisch aspect bij vernatting is de methode waarmee vernatting gerealiseerd wordt. Het afsluiten van een waterloop of het plaatsen van een stuw daarin kan een goede maatregel zijn om de grondwaterstand op het gewenste niveau te krijgen. Indien men echter in zo'n opgestuwde situatie te maken krijgt met zeer zware neerslag dan kunnen kortstondige (2 tot 3 weken) te hoge grondwaterstanden het gevolg zijn die tot bossterfte leiden. Zo'n situatie zou vermeden kunnen worden door de afvoercapaciteit bij hoge neerslagen op peil te houden door bijvoorbeeld in plaats van afsluiting te kiezen voor verhogen van de slootbodem of te werken met beweegbare stuwen.

Is de vraag naar de gevolgen van de stijging van de grondwaterstand en de daardoor veroorzaakte effecten op bossen al moeilijk te beantwoorden, de vraag van de aanvaardbare stijgsnelheid van het grondwater geeft nog meer problemen. Voor het beantwoorden van deze vraag is het dienstig te wijzen op de problemen die rezen in de zestiger en zeventiger jaren, toen de vraag werd gesteld

hoe snel een grondwaterstand mocht of kon worden verlaagd in een gebied waar men het grondwater ging wegpompen voor publiek of industrieel gebruik (Olthof & Van den Burg, 1990). Deze vraag is nooit beantwoord omdat er geen middelen voor het uitvoeren van daarop gericht onderzoek ter beschikking stonden. De vraag die nu wordt gesteld over de toelaatbare of aanvaardbare snelheid van vernatting is in wezen dezelfde vraag als die naar de verdrogingsnelheid, waarbij alleen het teken van de snelheid is veranderd.

Een eerste aanzet tot een beantwoording van deze vraag kan worden gegeven op grond van de publicaties van Rolf (1989) en Querner & Aarnink (1997). Rolf (1989) geeft aan dat in ruilverkavelingsgebieden de grondwaterstand gemiddeld 35 cm is gedaald in de periode 1959-1989 (NB: plaatselijk zijn veel grotere dalingen opgetreden). Dat komt neer op een gemiddelde dalingssnelheid van 1 cm.jaar⁻¹. Het dalingspatroon in deze periode is vermoedelijk echter niet lineair geweest. Uit de in Rolf (1989) opgenomen grafische voorstellingen omtrent de verandering van de grondwaterstanden in Nederland in de vijftiger t/m tachtiger jaren volgt dat globaal de dalingen werden gerealiseerd in een periode van 5-10 jaar. Dit komt ongeveer neer op een grondwaterdalingsnelheid van ca. 5 cm.jaar⁻¹. Een grondwaterstijgingsnelheid ("vernattingsnelheid") van dezelfde orde van grootte zou het overwegen waard zijn.

Het wil echter nog niet zeggen dat een grondwaterstandstijging van 5 cm per jaar mogelijk is als een daling van gelijke snelheid zonder problemen is verlopen. De processen bij grondwaterstands daling en -stijging alsmede hun invloeden op de vegetatie zijn zeer verschillend. Regelmatig toezicht op het verloop van de actuele grondwaterstand - en dus in feite monitoring in onderzoeksprojecten - is noodzakelijk zodat in natte perioden snel kan worden ingegrepen als de grondwaterstand langdurig te hoog oploopt.

Maatregelen en recreatie. Visschedijk & Steur (1991) hebben de belangrijkste factoren aangegeven die een (bos)gebied aantrekkelijk maken en goed voor recreatie. De belangrijkste factoren zijn (in volgorde van de frequentie waarmee in een enquête deze factoren door respondenten worden genoemd):

• rust	71%
• afwisseling open/dicht	33%
• soortenrijkdom	26%
• vogels, dieren	23%
• begaanbare paden	21%

Welk effect heeft nu vernatting op deze factoren? In directe zin heeft vernatting betekenis voor de begaanbaarheid van paden. Men zou kunnen aanvoeren dat ook de soortenrijkdom in directe zin door vernatting wordt beïnvloed, maar dat is waarschijnlijk een proces dat veel meer tijd in beslag neemt en dat door de recreant niet in acute zin wordt ervaren. In de praktijk wordt met de gevolgen van vernatting voor de recreatie rekening gehouden. Slager (1984) en Dijkstra (1996b) vermelden voor resp. bossen in de IJsselmeerpolders en op zandgronden de noodzaak tot het verhogen van wandelroutes en paden. Voor kampeerterreinen en terreinen voor dagrecreatie worden geen speciale maatregelen vermeld maar ook daar kunnen problemen optreden als de vernatting te ver wordt doorgevoerd. Haans (1979) noemt als belangrijkste beoordelingsfactoren voor de geschiktheid van terreinen voor recreatie de ontwateringstoestand en de infiltratiecapaciteit. De eerste is direct gerelateerd aan de grondwaterstand. Als eis geldt dat voor recreatief gebruik van terreinen de GHG minstens 25 cm - mv. moet bedragen. De infiltratiecapaciteit is afhankelijk van bodemtextuur en bodemstructuur en tamelijk onafhankelijk van de grondwatertrap.

12.5. Onderzoek: referentieprojecten en proeven

12.5.1. Overzicht van reeds uitgevoerd en lopend onderzoek

Tegen het einde van de zestiger jaren kreeg men aandacht voor de gevolgen van permanente grondwaterdaling, die werd veroorzaakt door waterwinning voor de publieke en industriële watervoorziening, en door ontwateringsmaatregelen in de landbouw (Olthof & Van den Burg,

1990; Grootjans, 1975). De Werkgroep Ecologische Aspecten (1985) wees al op de ecologische aspecten van een door infiltratie van water in de bodem veroorzaakte verhoging van de grondwaterstand. In het begin van de negentiger jaren begon het Staatsbosbeheer onderzoek te doen naar de waterhuishouding van een aantal boswachterijen en bosgebieden, waarin de effecten van vernatting een rol speelden (De Bijl, 1990a, 1990b, 1990c; De Bijl & Hoekstra, 1990; Streefkerk, 1989; Dijkstra, 1996a,b). Voorbeelden van vernattingsprojecten in de praktijk worden gegeven door Griffioen (1995), Prak (1996), Steenbruggen & De Wit (1996) en Visser (1997).

Onder de activiteiten in het kader van de EGM en de OBN vallen ook hydrologische projecten. Een overzicht van de in 1995 en 1996 door de OBN gesubsidiëerde hydrologische projecten in bossen vindt men bij Bouwma & Olthoorn (1997). Zij noemen 36 OBN projecten in bosgebieden waar hydrologische maatregelen zijn gesubsidiëerd in 1995 en 1996. Tot deze gesubsidiëerde projecten behoren: Nettelhorst bij Lochem, Malpiebeemden en Opperbos bij Valkenswaard, Brunssumerheide, Kyllotsbos bij Smilde, Beekvliet bij Borculo, Enghuizen bij Hummelo, Ekeby bij Voorst, Jagershuis bij Wehl, Hibelink bij Winterswijk, Grote Noordijk bij Twello en Smalenbroek bij Enschedé. De vernattingsmaatregelen voor de landgoederen Smalenbroek en Groot Brunink worden beschreven door Slim et al., 1997.

Hierbij kan worden aangetekend dat deze projecten voordien niet bij het OBN-Deskundigenteam "Bossen" bekend waren. De risico's bij vernatting zijn zeer groot en de kennis is gering. Het feit dat deze projecten niet eens het consensus-stadium (Bouwma & Olthoorn, 1997) hebben bereikt, maakt dat kennisname van deze projecten door dit OBN-deskundigenteam gewenst is. Verder worden ook in de 1^e voortgangsreportage van GEVEBE (Prak, 1996) een groot aantal anti-verdrogingsprojecten genoemd. In ongeveer tien van deze projecten zullen voorgestelde hydrologische maatregelen van invloed zijn op bossen met hoofdfunctie natuur of multi-functionele bossen. Voorbeelden zijn: Dwingelderveld en Zwartwater/Ravenvennen bij Venlo.

Vernattingsprojecten zijn verder o.a. uitgevoerd in de Bijvanck (eigendom van Natuurmonumenten) nabij Zevenaar door het Waterschap Rijn en Oude IJssel te Doetinchem, en in de boswachterij Gees, Zuid-Drenthe. In Gees, een hoogveenontginningsgebied, waar een variatie van vochtige en natte groeiplaatsen is bewerkstelligd zijn negatieve effecten van vernatting geconstateerd, evenals in het landgoed Schoonheten (bij Raalte), waar boomsterfte is opgetreden o.a. bij *Abies grandis* (Oosterbaan & Van den Berg, 1995).

12.5.2. Referentie- en onderzoekprojecten

Het opzetten van referentieprojecten waarin de effecten van vernattingsmaatregelen worden getoetst of onderzocht kan volgens drie methoden worden uitgevoerd, nl. (a) observationeel onderzoek, (b) eenvoudig opgezet onderzoek in veldproeven, en (c) veldproeven onder zoveel mogelijk beheerste omstandigheden. De praktische mogelijkheden en beperkingen van deze drie methoden worden hieronder toegelicht.

a. *Observationeel onderzoek.* Kenmerkend is dat wordt uitgegaan van de situatie in het terrein, zonder dat predictorvariabelen worden gemanipuleerd. Zo'n onderzoek is geschikt om snel informatie te verkrijgen die te gebruiken is om onderzoeksvragen bij te slijpen. Hieruit kunnen nog geen definitieve conclusies getrokken worden. Een dergelijke methode is toegepast in het onderzoek naar de gevolgen van permanente grondwaterdaling op de groei van bossen (Olthof & van den Burg, 1990). In een gebied met min of meer uniform bosbeheer en uitgangssituatie (oudere grove-dennenopstanden op veldpodzolgronden met GT ca. V) werden opstanden gestratificeerd naar de mate van grondwaterstandsval. Deze werd beschouwd als de enige predictorvariabele die van belang was om groeiverschillen te verklaren. De methode vereist echter enige tientallen opstanden om voldoende vrijheidsgraden te hebben om te kunnen toetsen op eventuele effecten. Het praktische probleem in het vernattingsonderzoek is waarschijnlijk dat vernatting zo recent is dat effecten ervan op de groei nog niet statistisch kunnen worden onderscheiden van andere, reeds bestaande verschillen binnen opstanden van één boomsoort, tenzij het om de gevolgen van een te rigoreus uitgevoerde vernatting ("verdrinking") gaat. Een meer praktische mogelijkheid is om, in gebieden waar vernatting zo intensief is uitgevoerd dat verdrinking is opgetreden, de gang van zaken zo goed mogelijk te reconstrueren. Hieruit moeten dan veronderstellingen over het gedrag van boomsoorten onder omstandigheden van extreme

vernassing (tijdstip, duur en hoogte boven maaiveld van de vernassing) geformuleerd worden, hetgeen tot gerichte onderzoeksvragen kan leiden. Een dergelijk onderzoek kan bv. in en rond verdrinkingsplekken in de boswachterij Gees en/of in het Leenderbos worden gedaan. Verder zullen in zoveel mogelijk bestaande vernassingsprojecten gegevens verzameld worden en additionele monitoringen uitgevoerd worden.

b. *Eenvoudig opgezet veldonderzoek* met slechts één predictorvariabele, nl. grondwaterstandverhoging. Zo'n grondwaterstandsverhoging zou bereikt kunnen worden door het opzetten van oppervlaktewater zodanig dat in het veld een scala van hoge grondwaterstanden bereikt wordt met GHG's lager dan 100 cm (tot het maaiveld toe) waarbij naar verwachting kritische grenzen voor de boomlaag en de ondergroei overschreden worden. In eenzelfde terrein kunnen dan verschillende vernassingsintensiteiten bestudeerd worden. Een dergelijke proefopzet is onlangs besproken door Van der Voet & Van Wingerden (1996) in het kader van het begrazingsonderzoek. Ze pleiten nadrukkelijk voor het zg. "BACI-model", dat in zijn simpelste opzet bestaat uit een blanco-behandeling ("control" (C)) en een doelbehandeling ("impact" (I)), en een vergelijkingsmogelijkheid van de situatie voor en na het instellen van de behandeling. Een probleem zal vaak zijn in het vernassingsonderzoek dat het realiseren van twee behandelingen in eenzelfde terrein niet mogelijk is. Een aanpassing (die statistische bezwaren heeft) is, om de groei van bomen voor en na de vernassing te vergelijken, hetgeen mogelijk is omdat informatie over de groei in de jaarringen is opgeslagen. In zo'n geval wordt aangenomen dat het effect van een enigszins geforceerde (maar niet tot verdrinking leidende) vernassing dat van andere predictorvariabelen in hoge mate overtreft. Echter, het effect van de neerslag gedurende de onderzoeksperiode kan zeer groot zijn (Querner & Aarnink, 1997). Bij zo'n eenvoudig veldonderzoek moet een goede monitoring over een aantal jaren uitgevoerd worden. In deze periode moeten ook enkele natte jaren voorkomen. Een geschikte locatie voor dit onderzoek moet nog geselecteerd worden. Dit moet een locatie zijn waar vernassing nog niet uitgevoerd is zodat de situatie vóór, tijdens en na de ingreep goed beschreven kan worden.

c. *Veldonderzoek onder beheerste omstandigheden*. Het effect van een tot in het extreme uitgevoerde vernassing is zeer groot, maar dit effect is wegens het per definitie infrequente optreden ervan in praktijkproeven moeilijk toetsbaar omdat men niet kan voorspellen hoe lang het duurt voordat zo'n extreme situatie optreedt. Tot deze situaties behoort een zo hoge en langdurige grondwaterstand dat de bomen niet alleen minder gaan groeien, maar zelfs afsterven. Deze informatie kan tamelijk snel worden verkregen, door gebruik te maken van een bestaande faciliteit, en is van groot belang voor het maken van plannen voor een zo snel mogelijke realisatie van vernassing. Het IBN-DLO beschikt over een grondwaterstandenproefveld waarin simulaties van extreme waterstanden onder beheerste omstandigheden kunnen worden uitgevoerd. Voor een gedetailleerde beschrijving van de onderzoeksmogelijkheden kan worden verwezen naar Oosterbaan (1995). Het doel van dit onderzoek is het verzamelen van kwantitatieve gegevens over groeireductie, sterfte en windworprisico van bomen als gevolg van vernassing. Deze gegevens zijn nodig ter aanvulling van de (kwalitatieve) gegevens van de Tabellen 12.8 tot 12.10, die betrekking hebben op bestaande grondwaterregimes. Voor veranderende regimes zoals die bij vernassing optreden moeten deze relaties nog worden vastgesteld.

12.5.3. Onderzoeksvragen en monitoring

De onderzoeksvragen bij vernassing van het multifunctionele bos zijn in principe gelijk aan die van de natte bossen met natuurfunctie (zie hoofdstuk *Studieobjecten en referentieprojecten*). Bij monitoring zullen daarom in principe dezelfde waarnemingen en metingen uitgevoerd moeten worden. Enkele specifieke onderzoeksvragen staan vermeld in de inleiding van dit hoofdstuk. Onderzoeksvraag 1: *het effect van vernassing op bomen* is uitvoerig aan de orde geweest, evenals onderzoeksvraag 3: *de snelheid van vernassing*. Over onderzoeksvraag 2: *wat is het effect van vernassing op de bosstabiliteit en op de soortensamenstelling van zowel de boomlaag als de struik-, kruid- en moslaag, de mycoflora en de fauna*, kon in de literatuur weinig informatie gevonden worden. Door middel van onderzoek in de referentieprojecten, zowel in de natte bossen met hoofdfunctie natuur als in de multifunctionele natte bossen, moet getracht worden meer inzicht in deze effecten te verkrijgen. Additionele waarnemingen moeten gedaan worden naar groeisnelheid, beworteling van sterfte van bomen.

Behalve genoemde drie algemene onderzoeksvragen moeten in de referentieprojecten de volgende aspecten aan de orde komen:

- hoe lang en in welk seizoen mag extreme natheid voortduren voordat de multifunctionaliteit aangetast wordt
- welke rode lijst soorten komen voor en wat is de invloed van de maatregelen daarop
- wat is de invloed van vernatting op ecosysteemniveau; welke bostypen nemen toe, welke af en hoeveel
- welke bodemchemische veranderingen treden op bij vernatting, vast te stellen door monitoring van o.m. SO_4^{2-} , Ca^{2+} , pH, Fe^{2+} en redoxpotentiaal in het veld, en in het laboratorium aan bodemcores, en wat is de invloed daarvan op de ondergroei (biodiversiteit)
- hoe moeten de effecten van vernatting gemeten en geëvalueerd worden (bijvoorbeeld aan grondwaterstandstijging en verloop, en aan de redoxpotentiaal).

12.5.4. Selectiecriteria voor referentieprojecten

Evenals de monofunctionele, natte bossen vormen de multifunctionele, vochtige bossen een tamelijk heterogeen geheel met verschillen in boomsoort, bodem, waterhuishouding en bosgemeenschap. Daar komen nog bij verschillen in bosdoeltype, als gegeven door Paasman (1988). De selectiecriteria voor referentieprojecten zullen in de eerste plaats sterk afhangen van de hoofdfunctie van deze bossen. Wat de hoofdfunctie houtproductie aangaat, kan men denken aan die boomsoort die na vernatting een groot deel van de oppervlakte van de vochtige bossen zal gaan uitmaken. Van de boomsoorten die op vochtige heidebebossingen veel zijn aangeplant (zomereik, fijnspar, Japanse lariks, grove den) komt waarschijnlijk de eerste het meest in aanmerking voor keuze in een referentieproject, op gronden met (na vernatting) GT VI, V en III.

Voor bosdoeltypen geldt waarschijnlijk hetzelfde omdat voor deze typen ondanks hun gecombineerde doelstelling (natuurbehoud en houtproductie) de boomsoort het belangrijkste differentiërende kenmerk vormt. Welke naaldboomsoort het eerste in aanmerking komt, is discutabel. Van de op de vochtige zandgronden veel aangeplante soorten grove den, fijnspar en Japanse lariks (de douglas komt meer voor op de drogere gronden), zou de eerste in aanmerking kunnen komen voor keuze in een referentieproject omdat de grove den een blijvend groot oppervlak zal innemen, en het minst als "exoot" wordt aangemerkt.

Voor "natuurlijke" bosgemeenschappen, d.w.z. bossen waarvan de hoofdfunctie natuurbehoud is, kan men denken aan de criteria zeldzaamheidswaarde of oppervlakte (bosgemeenschappen met de grootste oppervlakte). Een bijkomend criterium kan zijn de kennis van die bosgemeenschappen waarvan uitbreiding van het areaal na vernatting mogelijk is (zie Van der Werf (1991) voor actuele en potentiële oppervlakten van vochtige bosgemeenschappen).

Tenslotte zijn er praktische criteria denkbaar die maken dat men met minder ideale situaties, die echter wel realiseerbaar zijn, genoegen zal moeten nemen. Daartoe behoren praktijkvernattingsobjecten (hetgeen neerkomt op de ook voor natte bossen toegepaste praktijk van het "meeliften" met waterbeheersingswerken), en bestaande onderzoeklocaties, waartoe het voor het vernattingsonderzoek bruikbare grondwaterstandenproefveld Geestmerambacht behoort. Omdat men wel de opvatting tegenkomt dat de resultaten van vernattingsonderzoek in jonge bossen niet of maar beperkt overdraagbaar zijn op oude bossen, loont het de moeite om ook een grondwaterstandenproefveld in te richten waarin het gedrag van oude bomen op vernatting kan worden onderzocht.

Daarnaast kan op een eenvoudige wijze meegelift worden met een aantal praktijkobjecten waarin de grondwaterspiegel toch al gemanipuleerd wordt. Hier kan onderzoek naar de invloed van een stijging van de grondwaterstand op groei en ontwikkeling van boomsoorten en op de ondergroei onder praktijkomstandigheden op vele plaatsen in het land worden uitgevoerd. Dit houdt wel in dat er tijd vrijgemaakt of gealloceerd moet worden om de juiste projecten op te sporen en de onderzoeksprojecten voor te bereiden. Hierbij is het van het grootste belang dat grote bosbeheerders zoals Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten tijdig de voor dit doel geschikte gebieden en omstandigheden doorgeven aan het Deskundigenteam.

Het moet benadrukt worden dat naar het verband tussen de ontwateringstoestand en groei weinig kwantitatief onderzoek is uitgevoerd. De hier gegeven verbanden zijn voor een groot deel gebaseerd op "expert judgement". Daarom is het van belang om in het kader van het OBN-"Natte bossen" de relatie boomgroei-grondwaterstand systematisch te bestuderen, zoals voorgesteld in het projectvoorstel "Vernatting Geestmerambacht" (Oosterbaan, 1995).

12.5.5. Onderzoek naar de invloed van een stijging van de grondwaterspiegel op de groei en ontwikkeling van verschillende boomsoorten.

In eerste instantie is één referentieproject geïdentificeerd: het hieronder besproken Geestmerambachtproject. Het IBN heeft een voorstel opgesteld om een bosvernattingsproef uit te voeren in grondwaterstandsproefveld Geestmerambacht, gelegen boven Alkmaar (Oosterbaan, 1995). Doel van dit onderzoek is om onder gecontroleerde omstandigheden effecten van grondwaterstandsverhogingen objectief vast te stellen. In dit proefveld zijn in 1984 6 boomsoorten (populier, zomereik, es, esdoorn, ruwe berk en Corsicaanse den) op vier substraten (zand, lichte en zware zavel en pikkelei) met verschillende grondwaterstanden (40, 60, 80, 90 en 120 cm beneden maaiveld) geplant. De grondwaterstanden zijn tot nu toe constant gehouden. In dit proefveld kan een plotselinge vernatting worden uitgevoerd.

Dit proefveld is de enige locatie in Nederland waar zo'n onderzoek voor bossen kan worden uitgevoerd. In het voorstel van IBN (Oosterbaan, 1995) wordt een zeer uitgebreid monitoringsprogramma voorgesteld aan alle hierboven genoemde boomsoorten. In het deskundigenteam is gediscussieerd over de vraag of dit onderzoek essentieel is. De conclusie was dat fundamentele kennis van de processen die spelen bij vernatting nodig is en dat die kennis toe nu toe voornamelijk kwalitatief is, en gebaseerd op "expert judgement". Het voorgestelde onderzoek kan volgens het deskundigenteam wel beperkt worden ter besparing van kosten, nu begroot op 3.5 tot 4 ton per jaar. De boomsoorten esdoorn en Corsicaanse den kunnen wellicht buiten het onderzoek gelaten worden en wellicht ook de startdiepten van grondwaterstanden van 60 en 80 cm beneden maaiveld. De Corsicaanse den is als soort niet zo interessant voor dit onderzoek maar het is de enige naaldboomsoort in het proefveld en moet daarom wellicht gehandhaafd blijven. Verder zijn er wellicht besparingen mogelijk door het onderzoek van de ondergroei en het voorgestelde verdampingsonderzoek te beperken of elders te laten financieren. Tenslotte kan de intensieve jaarlijkse monitoring waarschijnlijk vervangen worden door een intensieve monitoring aan het begin en een aan het eind van de onderzoeksperiode en meer summiere monitoring in de tussenliggende jaren.

12.6. Conclusies

De voordelen van vernatting in multifunctionele bossen zijn deels waterconservering, deels een toename van de biodiversiteit. Er zal een grotere variatie ontstaan in hydrologische omstandigheden, met een grotere variatie in vegetatietypen. Door de toename in abiotische variatie kan verwacht worden dat er een betere vegetatiestructuur zal ontstaan. Een toename van zeldzame (rode lijst) soorten valt door vernatting van multifunctioneel bos niet direct te verwachten.

Door de betere watervoorziening zal in veel gevallen de vitaliteit van de bomen toenemen. Hierdoor en door bodemchemische veranderingen (hogere pH, en vaak minder N en meer P, Ca en Mg) is op den duur op veel plaatsen ook een mildere strooiselomzetting te verwachten waardoor typische bossoorten weer kansen krijgen. De potentieel natuurlijke vegetatie (PNV) zal weer gelijk zijn aan de vroegere PNV indien de abiotische omstandigheden weer gelijk gemaakt worden aan die van vóór de verdrogingsperiode. Volledige ontwikkeling van de PNV (bijvoorbeeld Elzen-Eikenbos of Vochtig Wintereiken-Beukenbos) is echter een zeer langdurig proces (eeuwen), en wordt belemmerd door de houtproductiefunctie, zeker indien gebruik gemaakt wordt van niet tot de PNV behorende inheemse en/of uitheemse boomsoorten.

De groeiplaatsen die voor vernatting in aanmerking komen zijn in de eerste plaats die gebieden waar een aanzienlijke vermindering van de grondwaterinvloed op de vegetatie heeft plaatsgevonden. Dit kunnen zijn vroegere natte en nu vochtige gebieden of vroegere vochtige

gebieden waarin de grondwaterinvloed verminderd of verdwenen is. Ecosystemen die zich zowel vroeger als nu buiten de invloed van het grondwater ontwikkeld hebben, zullen in vernattingsprojecten niet veel voorkomen, hoogstens als insluitingen of langs de randen. Voor deze hogere delen is de vernatting niet bedoeld, de ecologische voordelen zullen waarschijnlijk gering zijn en de risico's ook. Wellicht zal de boomgroei verbeteren door een betere watervoorziening.

De verdroogde natte groeiplaatsen zullen in veel gevallen nog de hoofdfunctie natuur hebben en in aanmerking komen voor herstelmaatregelen als besproken in de andere hoofdstukken van dit pre-advies. Dit geldt met name voor veel verdroogde/gedegradeerde elzenbroeken.

Multi-functionele bossen waarin vernatting een optie is zullen vooral voorkomen op de vochtige varianten van de droge bosassociaties en de Eiken-Haagbeukenassociaties, dat zijn de associaties met de nummers 7, 9, 10, 17 en 18 van Tabel 9.1. Bij vernatting tot ongeveer het vroegere grondwaterstandsregime kunnen duidelijke verbeteringen in de ecologische kwaliteit verwacht worden, terwijl toch in de meeste gevallen de multi-functionaliteit behouden kan blijven. Deze associaties beslaan ongeveer 10 000 ha in Nederland (tussen 5000 en 40 000 volgens Van der Werf, 1991). De van oorsprong nattere associaties (nrs. 5, 22-33) zullen bij vernatting in het algemeen niet multifunctioneel kunnen blijven.

13. STUDIEOBJECTEN OF REFERENTIEPROJECTEN

13.1. Inleiding

Referentieprojecten zijn onderzoeksprojecten die OBN-maatregelen op representatieve locaties monitoren teneinde:

1. een beter begrip te krijgen van de effecten van de maatregelen en
2. maatregelen aan de uitkomsten van deze onderzoeken aan te passen.

Deze referentieprojecten zijn vooral bedoeld om maatregelen te toetsen die nog niet in de praktijk toegepast kunnen worden.

Om de resultaten van de monitoring te kunnen gebruiken moeten de werkzaamheden in referentieprojecten aan bepaalde proeftechnische randvoorwaarden voldoen. De belangrijkste voorwaarden zijn dat een behandeld object vergeleken moet worden met een onbehandeld object en dat er een aantal herhalingen is om effecten statistisch te kunnen toetsen.

Deze ideale omstandigheden zijn lang niet altijd aanwezig. Zo is het vaak niet mogelijk om bij een hydrologische maatregel in een gebied een deel onveranderd te laten omdat de hydrologische maatregel het gehele gebied beïnvloedt, waardoor geen blanco mogelijk is. Effecten moeten dan gehaald worden uit tijdreeksen, door vergelijking van de situatie vóór en na behandeling, gecombineerd met de reeds aanwezige kennis over deze processen.

Volgens het IKC zijn bij een referentieproject de volgende zaken van belang:

- blanco (dwz. geen behandeling)
- herhalingen in de maatregelen
- een goed toetsbare hypothese.

Het Deskundigenteam heeft dezelfde mening en wil daarnaast nog een doelsituatie. Naar deze zaken moet gestreefd worden, ze zijn echter niet in elk gebied realiseerbaar.

De noodzakelijke of gewenste periode van waarnemingen is afhankelijk van een groot aantal factoren (uitgangssituatie, uit te voeren ingrepen, te verwachten of gewenste effecten) en moet voor ieder geval afzonderlijk bepaald worden.

De uitvoering geschiedt onder verantwoordelijkheid van het Deskundigenteam Bossen. Het is de bedoeling dat er een multidisciplinaire samenwerking tot stand komt tussen verschillende onderzoeksinstituten: IBN, KIWA, SC, KUN, LU (en eventueel anderen) met de eigenaren van de terreinen waarop het onderzoek zal gaan plaatsvinden: SBB, NM, Prov. Landschappen, Waterschappen, Particulieren. Het is wegens de hoge kosten niet de bedoeling dat werken door het Deskundigenteam worden uitgevoerd. Daar is geen budget voor. Het deskundigenteam wil slechts monitoren op geschikte representatieve locaties waar door de beheerder anti-verdrogingsmaatregelen worden uitgevoerd. In zo'n situatie moet de best mogelijke proefopzet gekozen worden.

Voorstellen tot het instellen van een referentieproject worden besproken in de vergadering van het Deskundigenteam Bossen en opgenomen in het Pre-advies Natte Bossen. Deze voorstellen worden dan beoordeeld door de Stuurgroep en de Begeleidingscommissie OBN. Bij een positieve reactie van de Stuurgroep en de Begeleidingscommissie wordt een onderzoeksplan uitgewerkt door het Deskundigenteam in samenwerking met betrokken instanties.

13.2. Uit te voeren monitoringswerkzaamheden in referentieprojecten

De uit te voeren monitoringen omvatten waarnemingen aan water, bodem en vegetatie. In een specifiek geval zal een keuze gemaakt moeten worden uit een groot aantal mogelijke waarnemingen zoals:

Water

- verloop waterstanden in peilbuizen
- verloop watersamenstellingen op verschillende diepten
- N, P en S huishouding (samen met bodem)

Bodem

- profielbeschrijving, inclusief humustype (mineraal en organisch)
- chemische eigenschappen (pH, CEC, kationen, ...)
- redox verloop met diepte
- C/N en nutriëntenvoorziening
- zware metalen, ivm afzet eventueel af te graven grond
- classificatie (op grond van bodem en hydrologie): vaststelling PNV (de potentieel natuurlijke vegetatie)

Vegetatie

- beschrijvingen (bosstructuur, samenstelling van en veranderingen in de moslaag, kruidenlaag, struiklaag en boomlaag)
- classificatie: vaststelling vegetatietype
- vergelijking vegetatietype met PNV
- bepaling vegetatiedoeltype

Fauna

- monitoring van aantallen hogere (gewervelde) dieren
- monitoring van lagere diersoorten, speciaal van die soorten die een rol spelen bij organische stofomzettingen in de bodem

Deze disciplinaire waarnemingen moeten geïntegreerd worden om de dynamische relaties tussen water, bodem, vegetatie en fauna vast te stellen en hierdoor inzicht te krijgen in de effecten van de maatregelen.

13.3. Analyse van onderzoeksresultaten

Het belangrijkste doel van het onderzoek is het toetsen van de uitgevoerde OBN-maatregelen om voor de toekomst tot optimale maatregelen te komen. Aan de hand van de onderzoeksresultaten zal moeten worden vastgesteld of de uitgevoerde maatregelen het gewenste effect hebben. Een deel van de effecten van de maatregelen is op korte termijn te verwachten, bijv. veranderde waterstanden. Een deel van de effecten zal zeer geleidelijk gaan optreden, bijv. veranderingen in de watersamenstelling en in de vegetatie. Het is daarom van het grootste belang dat het monitoringprogramma grondig opgezet en gedurende lange tijd voortgezet wordt. Vooral het vastleggen van de uitgangssituatie (deze keert nooit meer terug) is bepalend voor de mate waarin effecten (later) kunnen worden gemeten. Er is al het Meetnet Bosvitaliteit (Hilgen, 1995) dat op dit moment slechts bepalingen in droge bossen doet. Overwogen moet worden om de komende meetpunten in referentieprojecten van natte bossen op te nemen in dit meetnet.

13.4. Voorgestelde studieobjecten of referentieprojecten

Bij de keuze van referentieprojecten, binnen de geïndiceerde bosgemeenschappen, hebben een aantal pragmatische criteria (kosten, organisatie, mate van het genereren van kennis, onderzoeksmethodiek) een rol gespeeld. De kosten van hydrologische maatregelen zijn in het algemeen zodanig dat ze binnen het framework van een 'experiment' niet betaalbaar zijn. Daarom is gekozen voor 'meeliften' in projecten die uit andere bronnen, of uit een combinatie van bronnen (GEVEBE, waterschappen, grote terreinbeheerders, andere dan onderzoeksgelden bij OBN), gefinancierd worden. Het bovenstaande betekent overigens niet dat hydrologische maatregelen per definitie duur zijn. Inhoudelijke argumenten voor de keuze van referentieprojecten, zoals het criterium 'de mate van het genereren van kennis', leidt tot de keuze van locaties waar een grote variatie aan bostypen en dus ook aan abiotische omstandigheden aanwezig is. Het intensief monitoren van experimenten in dit soort locaties (bijvoorbeeld Koelbroek) verschaft zoveel mogelijkheden tot het genereren van kennis dat soms onderzoeksmethodologische nadelen (bijvoorbeeld geen nul plot) op de koop toe genomen kunnen worden.

In de voorgestelde referentieprojecten komen de onderzoeksvragen van het hoofdstuk "Kennisleemtes en Onderzoeksvragen" zo goed mogelijk aan de orde. Het is niet te verwachten dat deze projecten op alle vragen het definitieve antwoord zullen geven, maar dat ze de kennis op deze terreinen toch flink zullen vergroten, zodat algemeen toepasbare maatregelen ter verbetering van de natte bossen naderbij gebracht worden.

Bij de keuze van de referentieprojecten hebben verschillende criteria een rol gespeeld. Een belangrijk criterium was de natuurwaarde. De natuurwaarde van een bepaald gebied is hoger naarmate de diversiteit, wat betreft abiotische en biotische aspecten, in het gebied hoger is. Daarnaast wordt de natuurwaarde ook bepaald door het zeldzaamheidsaspect, nationaal maar vooral ook internationaal, en verder door moeilijk definiëerbare zaken als landschappelijke schoonheid. Vervolgens is gekeken naar de aanwezigheid van bedreigingen, van plannen om maatregelen tegen deze bedreigingen te nemen en de kansrijkheid van deze maatregelen. Hierbij kwamen ook allerlei praktische zaken aan de orde: wie is de eigenaar of beheerder en hoe staat hij tegenover de voorgestelde maatregelen; wat zijn de problemen en mogelijkheden van het omliggende gebied (ontwatering, overbemesting, ruilverkaveling, aanschaf randgebieden)? Vervolgens hebben de algemene criteria, zoals genoemd in het hoofdstuk "Selectiecriteria natte bossen" een rol gespeeld, nl. oppervlakte, aard van de waterhuishouding, mate van natheid en voedselrijkdom.

Een indicatie voor de natuurwaarde is de A-locatie. Koop en Van der Werf (1995) hebben de beste voorbeelden van alle natuurlijke bosgemeenschappen in Nederland (PNV's) geselecteerd. Hierbij zijn alle bossen die nog kenmerken dragen van de natuurlijke bosgemeenschappen geïnventariseerd en beoordeeld op het vereiste minimumareaal, het voorkomen van oud en/of spontaan bos, het voorkomen van oude bossoorten en het eventueel voorkomen van een stromende beek (voor het beekbegeleidend Vogelkers-Essenbos). Dit leverde een selectie op van in totaal 320 gebieden, die zijn aangeduid met de naam A-locaties. De voornaamste criteria zijn: inheemse boomsoorten, spontaan bos, bos dat oud is en dat zich zolang mogelijk zonder ingrepen heeft kunnen ontwikkelen. Verder zijn er nog criteria op het gebied van areaalgrootte en worden er eisen gesteld aan de omgeving. Bossen op ongestoorde bodems met een oorspronkelijk relief, zonder vergraving en begreppeling hebben de voorkeur. Een overzicht van de A-locaties voor zover het natte bostypen betreft is gegeven in Bijlage 7. Bij de keuze van additionele referentieprojecten kan deze lijst gebruikt worden, zowel voor de keuze van de referentieprojecten zelf, als wel voor het bepalen van natuurdoeltypen of nullopties.

Zoals besproken in het hoofdstuk "Selectiecriteria natte bossen" is het belangrijkste te onderzoeken natte bostype het elzenbroek. Elzenbroeken komen voor in de laagste delen van het landschap, waar tengevolge van kwel en stagnerend water, gereduceerde en nutriëntrijke omstandigheden heersen, resulterend in semi-terrestrische (organische) bodemprofielen rijk aan basen. Een viertal gebieden zijn geselecteerd waarin verschillende typen elzenbroek de kern vormen, verdeeld over regio's en landschappen.

Vervolgens is de belangrijkste groep van natte bossen die van de rijke, terrestrische (minerale) groeiplaatsen. De bossen op deze groeiplaatsen behoren bijna alle tot de Vochtige Elzen-Essenbossen van het Alno-Padion. Voor deze groep bossen worden 2 referentieprojecten voorgesteld.

De andere typen natte bossen zijn de bossen van de arme semi-terrestrische (organische) groeiplaatsen met als belangrijkste vertegenwoordiger het berkenbroek en de bossen van de arme terrestrische (minerale) groeiplaatsen met bijvoorbeeld het Vochtig Berken-Zomereikenbos. Het berkenbroek is goed vertegenwoordigd in het Korenburgerveen, een van de referentieprojecten met het accent op elzenbroek. Voor de bossen op natte, arme, minerale groeiplaatsen is nog geen apart referentieproject geselecteerd. Deze groep bossen heeft weliswaar een grote verbreiding, maar, vergeleken met de andere groepen, worden ze minder bedreigd en hebben zij een geringere natuurwaarde. Wel komen ze voor in de randgebieden van de geselecteerde referentieprojecten waardoor ze gezamenlijk met de rijkere, nattere bostypen in de kern van het gebied bestudeerd kunnen worden.

Verder is het zo dat het juist de bossen op de natte, arme, minerale groeiplaatsen zijn (de vochtige varianten van de voedselarme eiken- en beukenbossen) die betrokken zijn bij vernattingsprojecten

in multi-functionele bossen. In het hoofdstuk *Vernatting in multifunctionele bossen* komen deze bossen aan de orde.

Ook voor het Elzenrijke Essen-lepenbos, als typische vertegenwoordiger van de natte bossen in het Holocene gebied, worden op dit moment geen referentieprojecten voorgesteld hoewel dit bostype een grote potentiële verbreiding heeft. Voor de Eiken-Haagbeukenbossen, waarin in vroeger tijden vaak rabatten zijn aangelegd ter ontwatering, zou in de nabije toekomst een referentieproject te overwegen zijn ter vaststelling van de juiste manier om met deze rabatten om te gaan.

Het aangeven van prioriteiten in de voorgestelde referentieprojecten is moeilijk. Het lijkt zinvol om te beginnen met een paar goede voorbeelden van elzenbroekbossen in het Pleistocene gebied (Koelbroek en Ageler/Voltherbroek in respectievelijk Zuid en Oost Nederland), gevolgd door een elzenbroekbos in het Holocene gebied (Naardermeer). Vervolgens kan gedacht worden aan een vertegenwoordiger van de Vochtige Elzen-Essenbossen (Springendal) en van de berkenbroekbossen (Korenburger/Vragenderveen).

Voorgestelde referentieprojecten voor vernatting in multifunctionele bossen worden gegeven in hoofdstuk 11.

13.5. Referentieprojecten met het accent op Elzenbroek, in het Korenburgerveen ook Berkenbroek.

Koelbroek, Noord-Limburg, bij Venlo, van SBB en particuliere eigenaren, 65 ha. Oude verveende Maasarm. Centraal komt een rietland voor met zeggen en hoogopschietende kruiden, gedeeltelijk met drijftilkarakter (liesgras). Dit wordt begrensd door een wilgen- en elzenbroek en drogere bossen op de hogere plaatsen, oa. een dennenbos aan de westzijde (Zie verder Bijlage 1).

Voltherbroek/Agelerbroek, Twenthe, van SBB, 100 ha. Landschappelijk en natuurwetenschappelijk interessant gebied dat vroeger met het gebied Ottershagen een uitgestrekt stroomdalgebied vormde, het grootste aaneengesloten broekbosgebied van Nederland. Het bestaat uit broekbossen en oude maten met een rijke flora en fauna (Zie verder Bijlage 2).

Korenburgerveen, Vragenderveen en Meddoscheveen, Achterhoek, bij Winterswijk, van NM, 500 ha waarvan 310 ha veencomplex. Komveengebied, gelegen op en omgeven door zand- en keileemafzettingen, met hoogveen en broekbossen. In het hoogveengebied (deelgebied Vragenderveen) komt plaatselijk actieve hoogveengroei in afgegraven delen voor. Wegzijing uit dit gebied moet verder verminderd worden. In het broekbosgebied (deelgebied Korenburgerveen) vindt verdroging van het Elzenbroek plaats doordat te veel grondwater wordt afgevoerd door de Schaarsbeek (Zie verder Bijlage 3).

Naardermeer, Noord-Holland, van NM, 1049 ha. Het gebied bestaat uit open water, riet- en graslanden en moerasbossen. In de bosreservaten in het ZW. deel heeft veel verdroging van de Elzenbroekbossen plaatsgevonden door te diepe ontwatering van de polder De Hilversumsche Bovenmeent. Dit jaar wordt een aanvang gemaakt om het waterpeil in de meent te verhogen, hetgeen ook voor de broekbossen een aanzienlijke verandering van de hydrologie zal inhouden (zie verder Bijlage 4).

13.6. Referentieprojecten met het accent op natte, voedselrijke bossen op minerale bodems van het Elzen-Vogelkersverbond

Er zijn een groot aantal gebieden waar bossen van dit type voorkomen. Deze gebieden zijn vaak erg klein. Wellicht moeten er meerdere gebieden gekozen worden om voldoende onderzoeksresultaten te verkrijgen. Hieronder worden een groot aantal van gebieden genoemd die mogelijk interessant zijn voor verder onderzoek.

Springendal. Top.krt. 28F, tussen Vasse en Ootmarsum, Twente, nabij Duitse grens. Gemeenten Denekamp en Tubbergen. Staatsbosbeheer, 353 ha.

Landschappelijk fraai natuurgebied met onder andere elzenbronbossen op de stuwwal van Ootmarsum. De bezittingen omvatten twee oude landgoederen, Springendal en De Braamberg, en enkele beekdalen, Dal Heerdink, Keesberg, 't Ribbert en Bosje Elverman. Tot het reservaat behoort ook de Paardeslenke, een stuk open heide. Maatregelen: aanleg van retentiebekkens, beekbodemverhoging en benedenstrooms opstuwen van de beken ter vermindering van de insnijding. In het algemeen geldt dat het beheer van elzenbronbossen gericht dient te zijn op voorkoming van wateronttrekking en van eutrofiering van stroomopwaarts voorkomend grondwater. (Zie verder Bijlage 5).

Kloppersblok. Top.krt. 28H, onderdeel van het Gammelke, ten westen van Oldenzaal. Fraaie Vogelkers-Essenbossen langs gekanaliseerde Lemseler beek met zeer diepe waterstand. Daarnaast elzenbroek en overgangen naar hogere zandgronden met gemengde loofbossen. Maatregelen: beekpeil- en beekbodemverhoging en aankoop van aangrenzend maisland.

Wijboschbroek. Staatsbosbeheer, verdroogde en deels verzuurde Vogelkers-Essenbossen. Top.krt. 45D,G; ten oosten van Schijndel aan de Zuid-Willemsvaart. Aanpassing interne hydrologie, verbreding Zuid-Willemsvaart.

Geelders. Staatsbosbeheer, verdroogde en deels verzuurde Vogelkers-Essenbossen. Top.krt. 45D; ten oosten van Boxtel. Aanpassing interne hydrologie

Ulvenhout. Staatsbosbeheer, verdroogde en deels verzuurde Vogelkers-Essenbossen. Top.krt. 50B; ten oosten van Ulvenhout. A-locatie Vogelkers-Essenbos. Aanpassing interne hydrologie

Leudal. Staatsbosbeheer, verdroogde en deels verzuurde Vogelkers-Essenbossen. Midden-Limburg. Top.krt. 58B,D
Kwel herstellen door beekpeilverhoging
(ook in Z-Limburg lijken mogelijkheden aanwezig, maar daar heeft nog geen planvorming plaatsgevonden)

Achter de Voort. Staatsbosbeheer, verdroogde en deels verzuurde Vogelkers-Essenbossen. Top.krt. 28F, ten zuiden van Ootmarsum, ten noorden van het kanaal Almelo-Nordhorn. Achter de Voort ligt op de Zuidelijke voethelling van de stuwwal van Ootmarsum. De bodem bestaat uit vrij zandig keileem, lokaal met een dunne bedekking van dekzand. De hoogte is tussen 25 en 30 m en is daarmee bijna 10 m hoger dan het nabijgelegen Agelerbroek. Hier treffen we natte bossen aan op een groeiplaats met een schijngrondwaterspiegel, veroorzaakt door ondoorlatende keileem waarop zich een pseudogley bodem ontwikkelt heeft. Deze bossen hebben een geheel ander karakter dan de natte bossen op groeiplaatsen met een echte grondwaterspiegel. Het gebied bestaat deels uit bos en deels uit weiland. Het bos op de hoogste delen behoort tot het Eiken-Haagbeukenbos met vrij veel meidoorn. Hier komt ca 30 cm zand voor op keileem. Iets lagere plekken met minder zand hebben een bostype met Alno-Padion kenmerken getuige het voorkomen van es. Op nog lagere plekken komt elzenbroek voor met een ondergroei van framboos en zwarte bes. Hier moet een duidelijke kwelstroom aanwezig zijn getuige de hoge ijzerconcentratie in het keileemprofiel. Hoe de kwelstromen in zo'n keileem landschap verlopen is niet geheel duidelijk. In het grasland gedeelte worden vrij zandige profielen aangetroffen. Hier wil men door afgraven van de bouwvoor een uitgangssituatie scheppen voor o.a. Vogelkers-Essenbos.

Liefstingsbroek/Weenderbos. Natuurmonumenten, Vogelkers-Essenbossen waarin verdroging is opgetreden. Prov. Groningen, coörd: 271-272/558-559. A-locatie en bosreservaat i.o. Verdroging door peilverlaging en versnelde afvoer door kanalisatie Ruiten Aa..

Grevenmaat. Natuurmonumenten, Vogelkers-Essenbossen waarin verdroging is opgetreden. Prov. Overijssel, coörd: 263,7/480,7
Verdroging door peilverlaging, waarna diepere insnijding van de beekloop

Egheria. Natuurmonumenten, Vogelkers-Essenbossen waarin verdroging is opgetreden.
Prov. Overijssel, 153 ha. coörd: 261-263/483-484
A-locatie Vogelkers-Essenbos
Verdroging door versnelde afvoer

Bekendelle. Natuurmonumenten, Vogelkers-Essenbossen waarin verdroging is opgetreden.
Bij Winterswijk, Achterhoek, 5 ha. Top kaart 41E, coörd: 245-246/440-441.
Gevarieerd weelderig loofbos aan de Slinge met soortenrijke ondergroei en rijke fauna op met beekklei opgevulde oude beekarmen; langs de beken liggen relatief lage zandige oeverwallen. A-locatie Vogelkers-Essenbossen en bosreservaat in oprichting, bedreigd door verdroging door peilverlaging en versnelde afvoer door de Slinge.

Bijvanck. Natuurmonumenten, Vogelkers-Essenbossen waarin verdroging is opgetreden.
Gelderland, nabij Lobith. Top kaart 40G, coörd: 208-209/435-436.
Verdroging door peilverlaging.

Smalbroeken. Natuurmonumenten, Vogelkers-Essenbossen waarin verdroging is opgetreden.
Noord-Brabant, coörd: 147-148/396-397
Verdroging door peilverlaging, versnelde afvoer door kanalisatie Beerze en onderbreking kwelstroom door kanaal.

In het algemeen geldt dat bij het beheer van Vogelkers-Essenbossen het herstel van de oorspronkelijke rivierdynamiek van het grootste belang is. Daarnaast is een goede inbedding in een groter geheel (dwars op het dal) met drogere bossen of onbemeste hooilanden, eventueel met lichte begrazing, zeer gewenst. Vogelkers-Essenbossen vormen zeer open systemen waarbij de rivierdynamiek (overstromingen) en het hogere land (kwel) beiden hun invloed uitoefenen. Zijn deze externe factoren in orde dan is nietsdoen (bosontwikkeling) vaak het beste beheer.

14. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

14.1. Conclusies

Ontwikkelingen.

De natte bossen van Nederland hebben een grote waarde, zowel landschappelijk als ecologisch. Het specifieke karakter van de groeiplaats zorgt voor een grote verscheidenheid aan plant- en diersoorten. Hierbij zijn veel soorten die buiten de natte bosgebieden niet of weinig voorkomen.

Ondanks de eeuwenlange sterke beïnvloeding door de mens hebben de natte bossen hun gevarieerdheid en hun soortenrijkdom lang bewaard. De beïnvloeding tot na de 2e wereldoorlog bestond voornamelijk uit exploitatie en ontginning zonder de ingrijpende hydrologische veranderingen die sinds 1950 genomen zijn (ruilverkavelingen, grondwateronttrekking). Hakhoutbossen en natte weiden, meestal in gebruik als hooiland, waren de belangrijkste gevolgen van deze menselijke beïnvloeding. Werden de terreinen weer met rust gelaten dan kwamen de broekbossen en andere natte bossen weer terug. Dit geschiedde bijvoorbeeld in het begin van deze eeuw toen veel natte weilanden weer verbosten en daarna als hakhout werden geëxploiteerd.

Na de 2e wereldoorlog werd de aantasting van de natte bossen intensiever. Met behulp van grootscheepse drainage in het kader van ruilverkavelingen zijn veel natte bossen ofwel omgezet in weiland ofwel sterk in kwaliteit achteruit gegaan, vaak als onbedoeld neveneffect van drainage in aangrenzende gebieden. Daarnaast kwamen er andere bedreigingen: verzuring en eutrofiëring. Hierdoor is veel verruiging opgetreden met een groot verlies aan typische en zeldzame soorten. Door deze aantastingen zijn de natte bossen in de periode na de 2e wereldoorlog veel sterker beïnvloed dan ooit tevoren. Een korte periode van niets doen is nu niet meer voldoende om de oorspronkelijke situatie terug te krijgen.

Criteria voor selectie.

Op grond van een aantal overwegingen zijn de belangrijkste natte bostypen geselecteerd voor nader onderzoek in het kader van het OBN. Deze overwegingen zijn: hydrologische positie, natuurwaarde, bodemtype, oppervlakte, bedreigingen en mogelijkheden tot verbetering door maatregelen. Hierbij krijgen de nattere typen prioriteit boven de drogere, organische substraten boven minerale substraten en kwel boven inzijing vanwege de daarmee gepaard gaande grotere zeldzaamheids- en natuurwaarde. Uit deze selectie is naar voren gekomen dat de elzenbroekbossen voor het OBN de belangrijkste bossen zijn, gevolgd door berkenbroekbossen en de natte bostypen die vallen onder het Elzen-Vogelkersverbond.

Mogelijkheden voor herstel.

Door verdroging zijn de natuurwaarden verminderd en de waterstanden moeten daarom weer verhoogd worden. Het is echter niet zo dat daarmee automatisch de vroegere natuurwaarden terugkeren. Behalve de grondwaterstand speelt ook de kwaliteit van het grondwater een belangrijke rol. Veel natte bossen hebben zich ontwikkeld op groeiplaatsen met basenrijke kwel, met een hoge basenstatus in het profiel als gevolg. Zij zijn later verdroogd en verzuurd door menselijke activiteit. Hierdoor is de natuurwaarde afgenomen, tot uitdrukking komend in een geringere diversiteit van planten en dieren of het verlies van zeldzame of voor de groeiplaats typische soorten.

Effectgerichte en brongerichte maatregelen.

In het OBN Droge Bossen wordt sterk de nadruk gelegd op effectgerichte maatregelen, in tegenstelling tot brongerichte. Bij de droge bossen zijn de belangrijkste bedreigingen de eutrofiëring en de verzuring. Deze zijn voornamelijk afkomstig uit atmosferische depositie. Brongerichte maatregelen om iets aan de atmosferische depositie te doen vallen buiten het OBN. Bij de droge bossen gaat het er alleen om (via effectgerichte maatregelen) de negatieve gevolgen van de atmosferische depositie te beperken, om zo de bossen in stand te houden totdat brongerichte maatregelen over een groot aantal jaren effect sorteren. De maatregelen moeten dus in de te behandelen bossen plaatsvinden en bestaan voornamelijk uit het verwijderen van een overmaat aan nutriënten door bijvoorbeeld plaggen (in Klap & Schmidt, 1992; 1995) en het bestrijden van de verzuring door bekalking. Bij de natte bossen kan daarentegen het strikte

onderscheid tussen effectgerichte en brongerichte maatregelen niet goed gehandhaafd worden omdat de noodzakelijke ingrepen vooral betrekking hebben op de hydrologie.

Hydrologische maatregelen.

Gezien het feit dat water zich onder invloed van kleine potentiaalverschillen gemakkelijk verplaatst, hebben ingrepen op een bepaalde plaats al gauw effecten op zowel het oppervlaktewater als het grondwater over een groot gebied. Het zal daarom in veel gevallen niet mogelijk zijn om hydrologische maatregelen te nemen die alleen effect hebben in een te behandelen nat bos en niet daarbuiten. Aan de andere kant zal het vaak nodig zijn om een maatregel te nemen buiten het object om een bepaald hydrologisch effect binnen het object (het natte bosgebied in kwestie) te bereiken. Maatregelen in natte bossen in het kader van OBN zullen dus noodzakelijkerwijs meer raakvlakken hebben met het omringende gebied dan bij de droge bossen het geval is. Brongerichte maatregelen voor zover het de atmosferische depositie betreft kunnen ook bij de natte bossen buiten de OBN-maatregelen blijven. Bij de hydrologische maatregelen kan het nodig zijn dat ook een brongerichte component wordt doorgevoerd. Wanneer bijvoorbeeld vervuild gebiedsvreemd water wordt aangevoerd dan zou bij de noodzakelijke hydrologische maatregelen een omleiding van dit water kunnen behoren.

Hydrologische maatregelen zijn nodig om de verdroging teniet te doen. Echter, niet elke hydrologische maatregel die resulteert in de oorspronkelijke grondwaterstanden zal de noodzakelijke verbetering van de groeiplaats tot de kwaliteit van vóór de verdroging geven. Van geval tot geval zal de, voor een specifieke groeiplaats, optimale combinatie van maatregelen vastgesteld moeten worden. In sommige gevallen zal volstaan kunnen worden met het verhogen van de drainagebasis (bijvoorbeeld dichten of verontdiepen van sloten). In andere gevallen zal hiermee geen voldoende verhoging van de waterstand bereikt kunnen worden en is wateraanvoer van elders noodzakelijk. Ook kan het voorkomen dat een voldoende grondwaterstandsverhoging bereikt wordt maar dat er geen verbetering optreedt omdat het water niet de juiste samenstelling heeft. Het probleem is vaak dat in de nieuwe situatie zuur regenwater of eutroof, gebiedsvreemd oppervlaktewater in de wortelzone de plaats heeft ingenomen van het oorspronkelijke basenrijke kwelwater.

Het volledig herstellen van de oorspronkelijke kweldruk in broekgebieden is vaak niet mogelijk omdat elders grondwateronttrekkingen plaatsvinden door drinkwaterwinning, beregening of diepere ontwatering van het vanggebied. Ook dan zal weer locatie-specifiek onderzoek nodig zijn om te komen tot maatregelen die zoveel mogelijk verbetering geven. Hierbij zal vaak een compromis gevonden moeten worden met andere gebruikers van grondwater en met de omringende landbouw die streeft naar diepe ontwatering van het eigen terrein. Ook is, vanwege het regionale karakter van waterbewegingen, samenwerking tussen OBN en GEBEVE projecten in veel gevallen zinvol. De projecten van de gebiedsgerichte bestrijding verdroging (GEBEVE) bestrijken vaak grote oppervlakten, en de OBN projecten die binnen zo'n gebied vallen kunnen wellicht van de verbeterde waterhuishouding als gevolg van het GEBEVE-project profiteren.

Additionele maatregelen.

Additionele maatregelen bovenop de hydrologische kunnen gericht zijn op de afvoer van nutriënten en organische stof (bijvoorbeeld plaggen, strooiselafvoer en baggeren) of kunnen bestaan uit het manipuleren van de vegetatie (bijvoorbeeld dunning, omvorming of grondbewerking). De bedoeling van deze maatregelen is in de meeste gevallen om de overgang naar de gewenste vegetatie te versnellen, wanneer door hydrologische maatregelen andere groeiplaatsomstandigheden gecreëerd zijn.

Adviezen aan het beheer.

Gesteld is dat adviezen aan beheerders van natte bossen nog niet gegeven kunnen worden. Bij deze adviezen moet gedacht worden aan de hoogte van toekomstige waterspiegel, de snelheid van het omhoogbrengen, aan manipulatie van de veraarde en/of vervuilde bodemlagen, en aan manipulatie van de vegetatie, om tot een bepaalde doelsituatie te geraken. Bij het opzetten en monitoren van de referentieprojecten wordt hier specifiek aandacht aan besteed. Reeds eerder is de verwachting uitgesproken dat met name de hydrologische maatregelen niet de status van volledig autonome maatregelen zullen verkrijgen. In de regel zal bij dit soort maatregelen een intensieve voorbereiding, waarbij specialisten betrokken worden, nodig blijven.

Vernatting multifunctionele bossen.

Bij vernatting van verdroogde multi-functionele bossen spelen dezelfde processen als bij vernatting van verdroogde bossen met hoofddoelstelling natuur. De vernatting van multi-functionele bossen kan dan ook in principe op dezelfde manier aangepakt worden. Een complicatie echter vormt de door de mens aangeplante opstand, welke in veel gevallen niet aangepast is aan de oorspronkelijke hydrologie maar wel aan de latere, dieper ontwaterde toestand.

Nu zijn er verschillende mogelijkheden bij vernatting. Vernatting kan minder ver, even ver of verder gaan dan de oorspronkelijke hydrologische toestand. Verder is het mogelijk dat men de huidige bosopstand persé wil handhaven, of dat men omvorming naar een ander bostype voorstaat. In het geval dat men niet verder wil vernatten dan de oorspronkelijke hydrologische toestand en men een vegetatie wil die overeenkomt met die oorspronkelijke hydrologische toestand, dan is de situatie hetzelfde als bij de natte bossen met hoofddoelstelling natuur. Wil men echter de huidige bosopstand handhaven en toch vernatten, dan zal men inzicht moeten hebben in het huidige wortelstelsel van de bomen in de opstand en de veranderingen daarin die door de te nemen maatregel zullen optreden. De stabiliteit van de opstand kan gevaar lopen. Hierover is onvoldoende kennis aanwezig en daarom is een specifiek onderzoek hiernaar aan te raden. Het moge duidelijk zijn dat in kwalitatieve zin er minder problemen te verwachten zijn naarmate de voorziene grondwaterstandsstijging geringer is, de boomsoort in kwestie beter bestand is tegen natte omstandigheden en naarmate de stijging langzamer verloopt.

Men kan ook een vernatting uitvoeren die verder gaat dan de oorspronkelijke hydrologische toestand. Dit zou kunnen optreden indien bij een gebiedsgewijze ingreep de hydrologische gradiënten kleiner worden (bijvoorbeeld door het plaatsen van stuwen) en er daardoor delen die vroeger droog waren moerassig worden. In zo'n situatie is het niet te verwachten dat de bestaande, op houtproductie gerichte, bosopstand gehandhaafd kan blijven, en moet men de doelstelling multi-functioneel laten varen. Een nieuwe vegetatie, aangepast aan de voor het eerst natte omstandigheden zal zich moeten ontwikkelen, hetgeen een lang proces kan zijn. Het zal dan ook in de meeste gevallen lang duren voordat zich op zo'n plaats een waardevolle levensgemeenschap ontwikkeld zal hebben, veel langer dan bij een vroeger nat bos dat na een periode van verdroging weer in de oorspronkelijke staat hersteld wordt. Dit komt mede omdat het bodemprofiel niet aan de nieuwe situatie is aangepast.

Voorgesteld wordt om het vernattingsonderzoek op 3 niveaus te gaan uitvoeren: 1) observationeel onderzoek in bestaande vernattingsprojecten (bijv. in Gees, Drenthe); 2) eenvoudig opgezet veldonderzoek op een nieuwe locatie waar ook de toestand vóór vernatting bestudeerd zal worden; voor dit onderzoek is nog geen locatie geselecteerd en 3) veldonderzoek onder beheerste omstandigheden. Voor het laatste onderzoek wordt het grondwaterstandenproefveld Geestmerambacht voorgesteld waar grondwaterstanden in opstanden van verschillende boomsoorten gemanipuleerd kunnen worden.

14.2. Aanbevelingen

Een aantal referentieprojecten wordt voorgesteld waarin de effecten van maatregelen tegen verdroging, verzuring en eutrofiëring kunnen worden getoetst. Hierbij is het vooral van belang om de sturende factoren goed te leren kennen. In deze referentieprojecten moet de uitgangstoestand grondig wordt vastgelegd, zodat de effecten die door de te nemen maatregelen worden veroorzaakt goed kunnen worden vastgesteld. Deze referentieprojecten moeten leiden tot algemeen aanvaarde onderzoeks-, toetsings- en autonome maatregelen in het kader van het OBN.

De voorgestelde referentieprojecten zijn:

1. Koelbroek in Noord-Limburg. Verschillende soorten goed ontwikkeld elzenbroek in verveende Maasmeander. Representant van de broekbossen in het zuidelijke gebied.
2. Voltherbroek/Agelerbroek in Twenthe. Onderdeel van het grootste broekbossencomplex van Nederland. Representant van de broekbossen in het noordelijke keileemgebied.
3. Korenburger-, Vragender- en Meddoscheveen in de Achterhoek. Zeer gevarieerd gebied met elzen- en berkenbroekbossen (aan de rand van hoogveen) en overgangen daartussen.

4. Het Naardermeer in het zuidoostelijk deel van Noord-Holland. Representant van de broekbossen in het Holocene gebied.
5. Springendal in Twenthe. Hellend gebied met verscheidene elzenbronbosjes.
6. Kloppersblok in Twenthe. Beekdal met goed ontwikkeld Vogelkers-Essenbos.
7. Geestmerambacht in Noord-Holland. In dit project kan onder gecontroleerde omstandigheden het effect van vernatting op een aantal boomsoorten bepaald worden.
8. Observationeel onderzoek in bestaande vernattingsprojecten (o.a. Gees, Leende)
9. Referentieproject vernatting waarbij vóór, tijdens en na vernattingsmaatregelen waarnemingen worden uitgevoerd. Een geschikte locatie hiervoor moet nog gezocht worden.