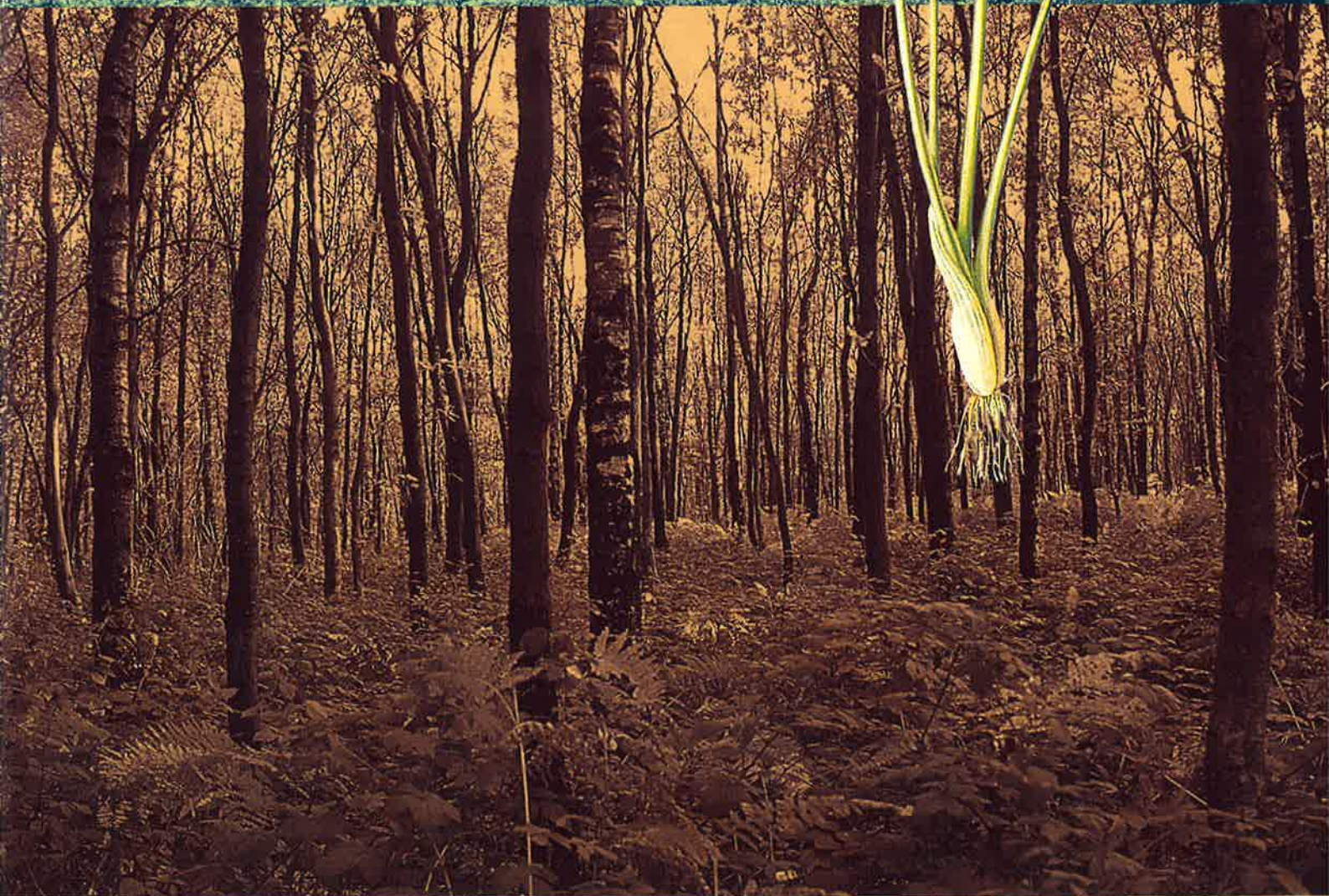


HOOFDSTUK

# 5

## Bossen op zandgronden



## Verkenning

Wanneer de mens de natuur haar gang laat gaan, is Nederland binnen enkele eeuwen bijna geheel bedekt met bos. Alleen in de buurt van de kust en langs rivieren is het landschap dan nog voor een deel open, een gevolg van de dynamiek die wind, water of begrazing hier veroorzaken. Slechts een klein deel van de huidige bossen is spontaan ontstaan, zoals enkele duin- en moerasbossen, de rest is aangeplant. Op dit moment beslaat bos ongeveer 8,5 procent van het Nederlandse landoppervlak. Tachtig procent hiervan is naaldbos en vijftien procent loofbos.

Bos is een kwetsbaar ecosysteem, vooral op voedselarme zandgrond. Ruim 52 procent van de gronden waarop bos groeit is gevoelig voor vermisting, negentig procent voor verzuring. Naar schatting heeft ruim een derde deel van het bos last van verdroging. Versnippering van het bos kan de effecten van verdroging, vermisting en verzuring versterken. Driekwart van het Nederlandse bos staat op voedselarme gronden. Het grootste deel hiervan is aangeplant en bestaat overwegend uit uitheemse boomsoorten die allemaal dezelfde leeftijd hebben. Zo komen er grote, eentonige vakken met zwarte den (Corsicaanse en Oostenrijkse den) voor.

Het bosbeheer is de afgelopen twintig jaar sterk veranderd. In het verleden was dit vooral gericht op houtproductie en dus op het bevorderen van snel groeiende soorten als grove den. Tegenwoordig ligt de nadruk op natuur. Er wordt minder gekapt, er vindt minder afvoer van gekapt hout plaats, de jachtdruk is verminderd en waar mogelijk en wenselijk vindt begrazing plaats. Door deze veranderingen in het beheer is de hoeveelheid staand dood hout in de Nederlandse bossen in de periode 1984 - 1995 toegenomen, van 1,41 naar 2,1 procent. Vooral dode bomen dikker dan veertig centimeter zijn waardevol voor dieren die van dood hout afhankelijk zijn, zoals diverse vlermuizen en broedvogels, de eekhoorn en de boommarter.

Het gewijzigde bosbeheer leidt ertoe dat het aandeel uitheemse naaldbomen (zogenaamde exoten) afneemt. Een vervelend gegeven is dat sommige exoten zich goed verjongen, terwijl inheemse boomsoorten, zoals eik en vooral beuk, hier veel minder goed in slagen. De natuurwaarde van een groot deel van het Nederlandse bos is relatief laag, er groeien doorgaans algemeen voorkomende

soorten planten. Dit betekent niet dat het Nederlandse bos oninteressant is. Een goed ontwikkeld bos bestaat uit een boom-, struik-, kruid-, mos- en strooisellaag. Geen enkele andere levensgemeenschap in ons land heeft zo'n complexe structuur. Iedere laag herbergt zijn eigen organismen. In de strooisellaag kunnen op iedere vierkante meter duizend regenwormen, twintig miljoen aaltjes, honderdduizend mijten en zevenhonderdduizend springstaarten voorkomen. Deze dieren verkleinen afgevallen bladeren en dood hout, waarna schimmels en bacteriën dit materiaal verder afbreken. In de kruidlaag houden zich vele insecten en spinnen op. Vooral in de wat oudere bossen is de flora in de kruidlaag rijk. Vanaf 1970 is het aantal edelherten op de Veluwe toegenomen van zeshonderd tot ruim duizend. Het aantal wilde zwijnen steeg van 1550 tot ruim 3500. Er zijn tegenwoordig meer dan zestigduizend reeën in Nederland, dit aantal groeit nog steeds. Tegenover deze gunstige ontwikkelingen staat een aantal minder positieve zaken. Verzuring, vermisting en verdroging vergen hun tol. Dit komt onder andere tot uitdrukking in een toename van grassen, grote brandnetel, gewone vlier en sommige soorten varens en bramen. Verdroging brengt schade toe aan grondwaterafhankelijke bosgemeenschappen. Hierdoor nemen planten als echte en kleine valeriana, gulden boterbloem en moerasviooltje sterk in aantal af. In de, zeldzame, bronbossen verdwijnen bittere veldkers, goudveelsoorten en hangende zegge. In elzenbroekbossen zijn dotterbloem, gele lis en vele soorten zeggen steeds minder te vinden. De veeleisende bosanemoon, eenbes en gele dovenetel komen uitsluitend voor in bossen waarin relictten van zeer oud bos aanwezig zijn. Met zeldzame inheemse boom- en struiksoorten zoals mispel, wilde appel en wilde peer gaat het niet goed. Deze verjongen zich nauwelijks.

Dit hoofdstuk behandelt de milieueffecten op verschillende typen bos, zoals moerasbos, eiken-berkenbos, beuken-eikenbos en naaldbos. Bossen op de rijkere gronden, zoals in Flevoland, blijven hier onbesproken. Deze zijn minder gevoelig voor verzuring en vermisting. Zowel de gezondheid van de bomen zelf als veranderingen in flora en fauna passeren de revue. Speciale aandacht krijgen paddestoelen en bosondergroei.

> De koraalzwam groeit op dood hout

>> Eenbes is een lelieachtige van bos op rijkere, vaak leemhoudende grond



## Niet aangetaste bossen

### Moerasbos

Iets meer dan één procent van alle bos in Nederland, in totaal slechts 4500 hectare, is moeras- of broekbos. Dergelijk bos groeit in een drassig milieu of wordt via de bodem met grondwater gevoed. Het is verspreid in kleine reservaten te vinden. In beekdalen en op laagveen zijn de omstandigheden voedselrijk en is de zuurgraad neutraal. De broekbossen in deze gebieden bestaan vooral uit elzen. Hier groeien ook wilgenstruwelen die rijk kunnen zijn aan mossen en korstmossen. De broekbossen in hoogveengebieden die met voedselarm regenwater worden gevoed, bestaan vooral uit berken. Hoogveen is



➤ Intact moerasbos bij de Zwarte beek (België)

➤➤ Eikenbos op schrale zandgrond

van nature te nat en te zuur voor bomen. Daardoor groeit hier alleen broekbos aan de randen, waar meer afstroming plaatsvindt en het milieu minder nat is. Berkenbroekbos komt ook voor in oudere natte duinvalleien en op laagveen in zure, door regenwater gevoede veenmosrietlanden die niet meer worden gemaaid. Deze berkenbroekbossen kunnen rijk zijn aan mossen en paddestoelen en bevatten hogere plantensoorten zoals gagel. In voedselrijk en niet zuur elzenbroekbos komen naast bijzondere paddestoelen ook hogere planten als slangewortel, elzenzegge, zwarte bes en framboos voor.

Een ander type nat bos is oobos. Dit groeit langs rivieren op plekken met grote verschillen in waterstand. Oobossen hebben een ruige ondergroei van grote brandnetel en nieuwkomers als de reuzenbalsemien.

Langs beken en in brongebieden komt nog slechts een paar honderd hectare moerasbos voor. Een bekend voorbeeld van zo'n soort bos was het Beekbergerwoud. Dit is in de vorige eeuw voor de bijl gegaan. Het was het laatste Nederlandse oerwoud met vele lianen en het bijzondere knikkend nagelkruid.

In de beekdalen zijn broekbossen met bittere veldkers

en slanke sleutelbloem te vinden. Deze bossen hebben een bijzondere betekenis voor de natuur. Dit geldt ook voor de kleine en vaak ontoegankelijke bosjes bij bronnen. Hier groeien reuzenpaardenstaart en goudveil. Alle broekbossen zijn van grote waarde voor paddestoelen, amfibieën, reptielen en vogels. Er leven bedreigde en zeldzame soorten zoals houtsnip, nachtegaal, purperreiger en wielewaal.

### Bos op droge zandgrond

Op voedselarme zandgronden domineren van nature zomer- en wintereik of beuk. Daarnaast groeien er onder andere ruwe en zachte berk, ratelpopulier, hazelaar, vuilboom, lijsterbes en, vooral in Drenthe, hulst.



De Romeinen hebben de tamme kastanje ingevoerd en vanuit Amerika zijn in de negentiende eeuw Amerikaanse eik, Amerikaanse vogelkers en diverse soorten sparren en dennen geïmporteerd. Naaldbomen die van oorsprong in Nederland voorkomen zijn alleen jeneverbes, taxus en grove den.

Bos op zandgrond maakt een geheel eigen ontwikkeling door. In een open landschap van heide of tot rust komend stuifzand verschijnen eerst berkensoorten en grove den als pioniers. Vervolgens voegt de zomereik zich hierbij.

Bos op zeer voedselarme gronden zoals uitgestoven zandverstuivingen, leidt een marginaal bestaan.

Hier groeien rendiermos, wolfsklauwsoorten en mossen zoals ruig haarmos. Is er iets meer voedsel, dan zal de vegetatie zich verder ontwikkelen. Dit is het geval in langzaam opstuwende stuifzanden waarin enig organisch materiaal zit en op plaatsen waar al een strooisellaag aanwezig was, bijvoorbeeld voormalige heide. Hier zullen zich planten als bochtige smele, blauwe bosbes, liggend walstro, gewoon gaffeltandmos, klauwtjesmos en bronsmos vestigen. In de struiklaag gaan lijsterbes,

sporkehout en krentenboomje groeien. Op zure voedselarme gronden ontstaat uiteindelijk eiken-berkenbos en op iets minder voedselarme beuken-eikenbos.

### Eiken-berkenbos

In de boomlaag van eiken-berkenbos domineert de zomereik. Maar ook berken en soms grove den zijn kenmerkende boomsoorten. In de struiklaag groeien meestal vuilboom en lijsterbes en dikwijls ook Amerikaanse vogelkers. Door de schrale groeiomstandigheden hebben de bomen vaak een open kroon, zodat er licht op de bosbodem valt. Hierdoor komen er in de kruidlaag veel zomerbloeiers voor, zoals blauwe en rode bosbes, struikheide, bochtige smele, en liggend walstro. Er groeit ook hengel, een halfparasiet die onder andere op eik, berk en bosbes leeft. Op wat meer vochtige plaatsen zijn dubbelloof en pijpenstrootje kenmerkende soorten. In de moslaag leven onder andere kussentjesmos, klauwtjesmos en gewoon gaffeltandmos. Op eiken- en berkenstronken zijn peermos en viertandsmos aan te treffen. In eiken-berkenbos ontbreekt een voor rijkere bostypen kenmerkende voorjaarsflora met bolgewassen.

De schors van eiken is zwak zuur, een groot aantal korstmossen voelt zich hierop thuis. Het betreft de min of meer struikvormige soorten baardmos en eikenmos en een aantal bladvormige korstmossen, zoals schildmossen en schorsmossen.

Berkenstammen lijken niet zo geschikt voor epifyten-



➤ **Dubbelloof**, een minder algemene varen

➤➤ **Bosviooltjes** groeien doorgaans op wat rijkere bosbodems



groei, omdat de schors vervelt en de stam zuur is. Toch groeien er op oude berken baardmossen en diverse rendiermossen.

Eiken-berkenbos is rijk aan paddestoelen, vooral mycorrhizasoorten die in verbinding staan met boomwortels. Deze paddestoelen zijn van groot belang voor bomen op voedselarme grond omdat ze voedingstoffen en water leveren. De bekendste mycorrhizapaddestoel op berkenwortels is ongetwijfeld de vliegezwam. Daarnaast zijn dit diverse soorten melkzwammen, de berkenridderzwam, armbandgordijnzwam en berkenboleet. Paddestoelen die in hoofdzaak in symbiose met eiken leven zijn onder andere cantharel, roodbruine amaniet, kaneelmelkzwam, narcisridderzwam en zeepzwam. In eiken-berkenbos groeien ook veel saprofytische paddestoelen. Deze verteren organisch materiaal waardoor allerlei voedingsstoffen weer beschikbaar komen voor de bosplanten.

Op en om eiken leeft een groot aantal organismen. Bekend zijn de vele soorten gallen die op eikenbladeren groeien. Ook de eikenpage, een vlinder met een paarse gloed op de voorvleugels, heeft de eik als voedselplant. De meest opvallende en zeldzaamste bewoner van oude eikenbossen is het vliegend hert, de grootste in Europa voorkomende kever. Een rijk insectenleven brengt een gevarieerd vogellevens met zich mee. Draaihals, kleine bonte specht en boomkruiper hebben een voorkeur voor eiken, tussen de ruwe schors van deze bomen zitten veel insecten en spinnen. De gaai verzamelt eikels en begraaft deze als wintervoorraad. Eikels zijn ook belangrijk voedsel voor muizen, wild zwijn en eekhoorn.

### Zwijnen in het Deelerwoud

Sinds de beer en de wolf uit ons land zijn verdwenen, is het wild zwijn een van de weinige soorten Nederlandse zoogdieren die mensen angst inboezemt. Het mannetje, de beer of keiler, kan tot 180 kilo zwaar worden. Het veel kleinere vrouwtje, de zeug, is eigenlijk de baas, ook al zijn de mannetjes gewapend met slachttanden. Alleen het vrouwtje kan gevaarlijk zijn voor mensen, zij bewaakt de zeven of acht biggetjes die ze soms al in januari werpt.

Wilde zwijnen komen voor op de Veluwe en in de Limburgse Meinweg. In dit laatste gebied lopen de zwijnen vrijelijk heen en weer tussen Nederland en Duitsland. Mogelijk worden ze hier geconfronteerd met de hernieuwde openstelling van de IJzeren Rijn, een spoorlijn die het gebied doorsnijdt. Op de Veluwe leven meer dan duizend volwassen wilde zwijnen in een ruim bemeten leefgebied.

Wilde zwijnen zijn de stamouders van ons huisvarken. Hun voedsel bestaat verrassend genoeg vooral uit gras, zoals Engels raaigras. Bochtige smele, een grassoort die door zure regen is toegenomen, lusten ze niet. Daarnaast zoeken ze krachtvoer: eikels en beukenootjes. In een zogenaamd mastjaar valt op Veluwe wel tien miljoen kilo van deze zaden uit de bomen. Voor wilde zwijnen zijn er jaren van overvloed en jaren van schaarste. Vooral in tijden van voedseltekort, wanneer er weinig eikels en beukenootjes zijn, willen de zwijnen de Veluwe verlaten. Ze proberen dan de



rijkere gronden van het IJsseldal te bereiken, maar ze lopen tegen hekken, spoorwegen, snelwegen en bebouwing aan.

Omdat wilde zwijnen geen natuurlijke vijanden hebben en er geen vrije uitwisseling met de rest van Nederland mogelijk is, wordt de bevolkingsaanwas binnen de perken gehouden. In vette jaren kan een groep van vijftig dieren in twee tot drie jaar tijd makkelijk vervijfvoudigen. Dit is teveel van het goede voor het bos waarin deze dieren leven. Veel zwijnen zouden door verhongering sterven als de beheerder niet ingrijpt. De norm is twintig volwassen dieren per duizend hectare.

Eén van de gebieden waar wilde zwijnen zijn te zien, is het Deelerwoud. Dit 1250 hectare grote bosgebied is vrij toegankelijk, op enkele rustgebieden voor het wild na. Er zwerven ongeveer acht groepjes varkens, rotten genaamd. Een rotte bestaat uit een dominante zeg en enkele van haar zusters, hun kroost en zogeheten overlopers: zwijnen die het tweede levensjaar ingaan.

De zwijnen van het Deelerwoud leefden vroeger geïsoleerd van andere populaties op de Veluwe, maar sinds 1989 is er sprake van een vrije wildbaan. De rasters zijn verdwenen. De ecoducten over de A50 bij Terlet en de Woeste Hoeve maken bovendien uitwisseling met het Nationaal Park Veluwezoom mogelijk. Deze wildviaducten zijn mooie verbindingswegen voor dieren, maar de door de snelweg veroorzaakte luchtvervuiling en geluidshinder blijven.

Ook al ligt het Deelerwoud in het hart van de Veluwe, er dringt herrie en ook verontreiniging in door. De vergrassing met bochtige smele toont dit aan. Zwijnen eten dit gras niet, runderen wel. Om vergrassing met bochtige smele tegen te gaan, laat Natuurmonumenten Schotse Hooglanders en roodbont gevlekte Herefordrunderen in het Deelerwoud grazen. Door de luchtvervuiling zijn de eiken en beuken vaak minder vitaal, ze vertonen dikwijls noodbloei. Door de milieustress komen ze vaker en meer dan normaal in bloei en dragen vaker vrucht. Dit is misschien prettig voor de wilde zwijnen, maar het baart de terreinbeheerders zorgen voor de langere termijn.

### Beuken-eikenbos

Op licht zure, wat minder voedselarme grond, bijvoorbeeld met enige leem in de bodem, gedijt het beuken-eikenbos. Naast de beuk leven in dit bostype zomer- en wintereik. Verder treffen we hier onder andere vogelkers, hazelaar en hulst aan.

De meeste kruiden in het beuken-eikenbos bos zijn voorjaarsbloeiers. Dit moet ook wel, want de bladeren van zowel beuk als wintereik vormen een dicht mozaïek waardoor nauwelijks zonlicht doordringt. De kruidlaag bestaat uit bosviooltje, diverse soorten havikskruid, veelbloemige salomonszegel, dalkruid, lelietje der dalen, grootbloemige muur en witte klaverzuring. In een beukenbos op meer voedselarme grond is weinig ondergroei aanwezig. Er valt erg weinig licht op de bodem en het beukenstrooisel werkt verzurend. Alleen het kussenjesmos groeit hier vaak uitbundig.



Op beuken komen zuurminnende epifyten voor, zoals gaffeltandmos. Ook het levermos boomvorkje en het korstmosschriftmos groeien op deze bomen. Sommige paddestoelen vormen in hoofdzaak met beuk mycorrhiza's, dit zijn de zeldzame pronksteelboleet, vermiljoengordijnzwam en enkele melkzwam- en russula-soorten.

In een gemengd beuken-eikenbos leeft een groot aantal vogels. Enkele kenmerkende soorten zijn: holenduif, zwarte specht, grote bonte specht, groene specht, zanglijster, boomklever, appelvink en bonte vliegenvanger. Bestaat het bos uit uniforme beukenaanplant, dan blijft het aantal vogelsoorten beperkt tot onder andere de fluit en, in de winter van een jaar met veel beukenootjes, ook de keep.

De randen van beuken-eikenbossen kunnen rijk zijn aan dierlijk leven, zowel de hazelworm en de zoogdieren bunzing, das en hermelijn kunnen hier voorkomen. De grotere boscomplexen met loof- en naaldhout op de Veluwe en in Drenthe bieden nestgelegenheid en voedsel aan grotere roofvogels als wespandief, buizerd en havik. In oude, holle beuken slapen of overwinteren vleermuizen. Enkele zoogdiersoorten die karakteristiek zijn voor ouder loofbos, komen alleen voor in Zuid-Limburg: de hazelmuis en de grote bosmuis. Het voorkomen van beide soorten is beperkt tot de Vijlenerbossen en omgeving. Een andere bosbewoner is de boommarter.

➤ Bosanemonen gaan achteruit door verdroging en verzuuring

RODE LIJST ▶

### Armbandgordijnzwam



Deze grote, statige gordijnzwam met oranje- of rode gordels aan de steel was vroeger niet zeldzaam op de zandgronden. Plaatselijk kwam hij in grote aantallen voor. Vanaf de jaren zestig gaat deze soort sterk achteruit en is nu een grote zeldzaamheid. Voor zover bekend zijn er geen omvangrijke, stabiele populaties meer. De armbandgordijnzwam is een exclusieve mycorrhizapartner van berken. De soort heeft een voorkeur voor berkenbossen op vochtige, zeer voedselarme, mosrijke bodems, vaak in veenmos. Hij kwam ook vrij veel in berkenbossen op drogere, arme zandgrond voor.

(Uit: Bedreigde en kwetsbare paddestoelen in Nederland)

### Boommarter

In de loop van de vorige eeuw is het leefgebied van de boommarter geleidelijk ingekrompen door de sterke jachtdruk. Jagers kregen ongeveer tien gulden voor iedere roodbruine wintervacht. Behalve pelsjagers waren er ook premiejagers op pad, deze probeerden de boommarter uit te roeien. Na het stoppen van de jacht hebben de populaties boommarter zich nauwelijks hersteld. Dit komt vermoedelijk door het ontbreken van oude holle bomen en het in omvang toenemende verkeerswegennet. De boommarters hielden slechts stand in grote en afgelegen terreinen.

Een stabiele populatie bevindt zich op de Veluwe. De boommarters hebben hier een voorkeur voor beukenbos en dichte aanplant van douglas en fijnspar, deze bieden veel dekking. Ook in de Fries-Drentse bossen leven boommarters.



In Twente en de Achterhoek is de boommarter zeldzaam geworden. Uit Noord-Brabant en Limburg is hij zo goed als verdwenen. Het is een nachtdier dat in de nazomer veel bessen en fruit eet. In de winter schakelt de boommarter over op een vleesmenu.

Jonge dieren kunnen flink zwerven, op zoek naar nieuwe leefgebieden. Zo is er zelfs een boommarter gevonden in het havengebied bij Amsterdam. Dit was geen blijvertje, het dier lag dood langs de weg.

Vooraf jonge mannetjes duiken op de meest onverwachte plaatsen op, zoals in de Betuwe of bij Delfzijl. Het ontstaan van steeds grotere en oudere bosgebieden met daartussen verbindingzones geeft de boommarter in het dichtbevolkte Nederland een steun in de rug.

### Naaldbos

De eerder in dit hoofdstuk besproken bossen zijn min of meer natuurlijk. Veel Nederlandse bossen zijn echter aangeplant en bestaan uit grove den, zwarte den en douglasspar. Oud dennenbos op dek- en stuifzand heeft ongeveer dezelfde ondergroei als eikenbos op dezelfde standplaats. In de schonere delen van Nederland komen in oudere dennenbossen interessante planten voor, zoals diverse soorten varens en de zeldzaamheden dennenorchis, Linnaeusklokje en stekende wolfsklauw. Onder douglassparren groeien minder planten dan onder dennen. In een jong sparrenbos is nog minder

ondergroei aanwezig door de geringe lichtdoorval. Dennenbossen kenmerken zich in positieve zin door een heel eigen paddestoelenflora. Vooral onder grove dennen kunnen grote aantallen soorten groeien, onder douglassparren is dit niet het geval. Diverse soorten ringboleten, ridderzwammen, gordijnzwammen en spijkerzwammen zijn mycorrhizapartners van de den. In een dennenbos op arme grond komen veel minder broedvogels voor dan in een gemengd bos. Toch zijn er kenmerkende soorten aanwezig, zoals zwarte mees, sijs, goud- en vuurgoudhaantje en kruisbek. De aanplant van fijnspar en douglasspar heeft ertoe geleid dat een deel van deze soorten zich als broedvogel in Nederland kon vestigen en uitbreiden. In naaldbos dat veel dekking biedt, bouwen veel roofvogels hun nest.

### Eekhoorn

Eekhoorns leven in ons land vooral op de hogere zandgronden en langs de duinrand. Daarnaast zijn ze uitgezet in parkbossen zoals het Amsterdamse Bos en het Rotterdamse Kralingerbos. Het lijkt een overbekend dier, maar zoogdieronderzoekers weten geen antwoord op simpele vragen: Hoeveel leven er nu in Nederland? Welke virusziekte maakte rond 1970 een eind aan het leven van veel eekhoorns? Waarom gaat het nu weer goed met deze soort in Noord-Brabant, maar slecht op de Veluwe?

Om zich te beschermen tegen weer en wind en roofdieren, wonen eekhoorns in boomholten, of, bij gebrek aan oude holle bomen, in eigen nesten. Eekhoorns verwerken bladeren in hun bolvormige nesten, hierin onderscheiden deze zich van vogelnesten. Soms verbouwen eekhoorns oude vogelnesten, bijvoorbeeld die van eksters of gaaien. Ze voegen er fijner materiaal aan toe.

Eekhoorns wonen alleen, in een eigen territorium. Elke eekhoorn heeft een eigen bos, liefst gevarieerd naaldbos ter grootte van zo'n tien voetbalvelden. Drie maanden na hun geboorte verjaagt het moederdier haar jongen uit haar territorium. Ze zijn dan het meest kwetsbaar voor



vijanden, zoals de havik. Predatie hoeft geen negatieve invloed te hebben op de eekhoornstand. In Noord-Brabant gaat het immers goed met dit dier, terwijl hier ruwweg evenveel haviken voorkomen als op de Veluwe. Wetenschappers tasten nog in het duister over de slechte eekhoornstand in dit laatste gebied.

## Aantasting en verandering

### 'Waldsterben' een achterhaalde theorie?

In de jaren tachtig van de vorige eeuw schudde het 'Waldsterben' in Duitsland en Oost-Europa de publieke opinie wakker. Vele jaren lang zou 'zure regen' synoniem zijn met bossterfte. Vervolgens leken eind jaren negentig de paniekverhalen over zieke bomen overdreven. Of was er intussen sprake van succesvol milieubeleid?

Onderzoek naar de gezondheid van bomen geeft geen duidelijke achteruitgang van de vitaliteit, laat staan een catastrofe te zien. Enkele geïmporteerde bomen, zoals douglas, Corsicaanse den en fijnspar vormen hierop een uitzondering. De feitelijk geconstateerde achteruitgang van de gezondheid van douglas, Corsicaanse den en fijnspar wordt wel gebagatelliseerd. Deze uitheemse soorten horen immers niet in Nederland thuis? De problemen bij deze soorten zijn echter pas vanaf de jaren tachtig zichtbaar geworden.

Bij andere boomsoorten, waaronder beuk, eik en grove den, treedt geen significante afname van de vitaliteit op. Onder andere bij eiken is recent wel verminderde wortelgroei geconstateerd. In droogteperioden kan de vitaliteit van deze bomen in het gedrang komen.

Op enkele regionale uitzonderingen na, zijn op de plaatsen waar de ammoniakemissie drastisch aan banden is gelegd, geen duidelijke verbeteringen te zien. Dit geldt zowel voor de gezondheid van bomen als voor het gehele ecosysteem. Voor de meeste boomsoorten is de voedingsstoffenhuishouding nog verre van optimaal. Er is vaak te weinig fosfor beschikbaar. Door dit gebrek, gecombineerd met een verminderd calciumgehalte, is het bos kwetsbaar.

Oppervlakkig gezien lijkt het grootste deel van de Nederlandse bomen min of meer vitaal. Maar echt gezond is anders. Het ecosysteem waarin een samenspel van bodem,



vegetatie, fauna en klimaat plaatsvindt, is wel degelijk op drift. Veranderingen in de kruidensamenstelling en de fauna tonen dit aan. Soorten als bochtige smeel, braam en rankende helmblom zijn sterk toegenomen. In de van oudsher door rendiermossen gedomineerde bossen komen nu zelfs soorten van voedselrijke bodem voor, zoals Engels raaigras en gewone hoornbloem. De laatste twintig jaar zijn bovendien ronduit desastreuze gevolgen voor vele bospaddestoelen aan het licht getreden. De veranderingen in de bossen zijn groot, maar ze hebben zich geleidelijk voltrokken. Hierdoor zijn ze soms moeilijk waar te nemen, bovendien is een vergelijking met gezond bos niet meer mogelijk. Het kan ook lastig zijn om natuurlijke veranderingen en veranderingen veroorzaakt door ander bosbeheer te onderscheiden van milieuinvloeden. Onder natuurlijke omstandigheden ontwikkelt het bijzondere korstmos- en kussentjesmos-dennenbos in het noorden van het land zich tot kraaiheidenbos. Stikstofneerslag versnelt deze ontwikkeling. Dit verschijnsel treedt ook op in wat oudere loofbossen. Hier hoopt zich stikstof in de strooisellaag op en treedt verruiging met bijvoorbeeld grassen op.

➤ In verdroogd broekbos gaan brandnetels domineren



Voor nu er een klimaatverandering optreedt, is de verminderde flexibiliteit van het bosesysteem een teer punt. Ook veranderingen in de biodiversiteit ten gevolge van versnippering vragen aandacht. Wetenschappers zijn het er echter over eens dat in Nederland stikstof een hoofdrol speelt bij de vitaliteit van bosesystemen. Het samenspel van alle kwalijke invloeden, door de mens of de natuur zelf veroorzaakt, vraagt blijvende aandacht.

Maar liefst 85 procent van het Nederlandse bos staat op verzurings- en vermestingsgevoelige bodem. Minder vatbaar voor verzuring en vermesting zijn bossen op de rijke gronden, broekbossen in laagveengebieden en oobossen.

In de tabel staat een overzicht van in Nederland aan te treffen bostypen en de mate van gevoeligheid.

Tabel 5.1 Gevoeligheid per bostype

	Verzuring	Vermesting	Verdroging
<b>Moerasbossen</b>			
Elzenbronbos	zwak	matig	sterk
Essenbronbos	zwak	zwak	sterk
Ruigt-elzenbos	zwak	zwak	matig
Kalk-elzenbroek	zwak	matig	sterk
Gewoon elzenbroek	zwak	zwak	sterk
Moerasvaren-elzenbroek	matig	zwak	sterk
Berken-elzenbroek	matig	zwak	sterk
Koningsvaren-elzenbroek	sterk	sterk	sterk
Schietwilgenbos	zwak	matig	niet
<b>Naaldbossen</b>			
Korstmossen-dennenbos	sterk	sterk	niet
Kussentjesmos-dennenbos	sterk	sterk	niet
Kraaihei-dennenbos	matig	sterk	niet
Kraaihei-berkenbos	matig	sterk	niet
Berkenbroek	matig	matig	sterk
<b>Voedselarme eiken- en beukenbossen</b>			
Droog berken-zomereikenbos	sterk	sterk	niet
Vochtig berken-zomereikenbos	matig	sterk	sterk
Droog wintereiken-beukenbos	matig	matig	niet
Vochtig wintereiken-beukenbos	matig	matig	sterk
Elzen-eikenbos	zwak	matig	sterk
Duin-eikenbos	matig	sterk	matig
<b>Voedselrijke eiken- en beukenbossen</b>			
Veldbies-beukenbos	matig	matig	zwak
Gierstgras-beukenbos	zwak	zwak	matig
Parelgras-beukenbos	zwak	zwak	niet
Kalk-beukenbos	zwak	zwak	niet
Esdoom-essenbos	zwak	zwak	niet
Gewoon eiken-haagbeukenbos	zwak	matig	matig
Duin-berkenbos	matig	sterk	sterk
Abelen-iepenbos	zwak	matig	matig
Droog essen-iepenbos	zwak	zwak	zwak
Elzenrijk essen-iepenbos	zwak	zwak	matig
Vogelkers-essenbos	zwak	matig	sterk
Bosmuur-elzenbos	zwak	matig	sterk

(Bron: Brink e.a., 1998)



### De werking van ammoniak

Ammoniak die uit mest naar de lucht ontsnapt, is bij een hoge concentratie direct giftig. Deze chemische verbinding laat naalden en bladeren roodbruin verkleuren.

Vooraf bij lage temperaturen is een plant nauwelijks in staat ammoniak te ontgiften.

Verder van de emissiebron af wordt ammoniak omgezet in ammonium. Vooraf bij mist en regen nemen naalden grote hoeveelheden ammonium op. Ze compenseren deze



➤ Verkleurde naalden als gevolg van overdaad ammoniak in de lucht

opname door afgifte van eveneens positief geladen deeltjes, zoals kalium en magnesium (ionenuitwisseling). Hierdoor kunnen, vooral in oudere naalden, gebreksverschijnselen ontstaan. De boom voert nog wel voldoende mineralen naar de jongste naalden aan. De oudere naalden kleuren geel en vallen af, maar ook eerstejaars naalden kunnen geel kleuren. Dit komt doordat deze naalden de opgenomen ammonium moeten ontgiften. De ontgiftiging vindt onder andere plaats door de vorming van aminozuren, zoals arginine. Deze stof bevat in verhouding veel stikstof. Door het ontgiftingsproces kunnen naalden uitzonderlijk hoge gehalten arginine gaan bevatten. Tegelijkertijd komen er wel veel lagere gehalten chlorofyl en carotenoïden in voor. Dit tekort is mogelijk een gevolg van een acuut gebrek aan koolstof. Deze wordt bij de arginineproductie verbruikt. Hierdoor wordt het assimilatieproces, het vormen van suikers en dergelijke, geremd en kleuren juist de jonge naalden geel. Arginine houdt veel ijzer vast, wat ook de oorzaak van geelverkleuring kan zijn. Bij loofbomen zijn soortgelijke verschijnselen te zien.

Boomkronen vangen twee- tot driemaal zo veel luchtverontreinigende stoffen op als lage vegetaties. Dit geldt voor zwaveldioxide, ozon, stikstofdioxide en in het bijzonder voor ammonium. Wanneer er stikstof in de vorm van ammonium wordt aangeboden, kunnen bomen meer ammonium opnemen dan verwacht. Ze zuigen deze als een spons uit de lucht op. Met name bomen in bosranden, over een breedte van vijftig tot honderd meter, vangen veel ammonium weg en bevatten hierdoor sterk verhoogde concentraties.

➤ Bochtige smele

Zwavel- en stikstofverbindingen dragen bij aan verzuring van de bodem. Zij tasten de buffercapaciteit aan en zorgen voor een versnelde uitspoeling van mineralen, zoals calcium, kalium en magnesium. Bovendien neemt de hoeveelheid giftig aluminium in de bodem toe. Hierdoor worden de wortels aangetast, net als voor bomen nuttige schimmels. Is de bodem zuur, dan krijgen bomen problemen met het opnemen van fosfaat dat onmisbaar is voor de groei.

Een ander proces is vermesting of eutrofiëring: ophoping van ammonium en nitraat in de bodem. Dit leidt bij bomen tot een onnatuurlijke groeispruit. Op termijn is de voorziening met andere essentiële voedingsstoffen en water niet meer toereikend en komt de boom in de problemen. Vooraf het bovengrondse deel van bomen, de spruit, groeit snel. Het relatief kleine wortelstelsel is niet in staat om de hele watervoorziening op peil te houden. Hierdoor neemt de gevoeligheid voor droogte toe. Het kleine wortelstelsel maakt de boom ook kwetsbaarder voor storm. Al deze effecten worden nog eens versterkt op plaatsen waar de grondwaterstand is verlaagd. Er ontstaat hier niet alleen een acuut watertekort, ook de aanvoer van kwelwater slinkt. Dit water bevat vaak calcium en heeft een grote buffercapaciteit. Zo leidt het verlagen van de grondwaterstand tot bodemverzuring en doen de gevolgen van luchtvervuiling zich sterker gelden.

Een ander, indirect gevolg van stikstofoverdaad is de afname van de winterhardheid van bomen. De gevoeligheid voor vroege vorst in de herfst en late in de lente neemt toe. Een vaak voorkomend verschijnsel in met stikstof belaste en verzuurde bossen, is de ophoping van strooisel. Deze dikkere strooisellaag is mogelijk één van de oorzaken van achteruitgang van mycorrhizapaddestoelen. In zekere zin is zo'n strooisellaag een tijdbom. Door een kleine verandering in het milieu kan er veel gebonden stikstof uit vrijkomen. Zo kan het bekalken van de bodem, met het doel deze minder zuur te maken, tot verzuuring leiden.



De tijdbom kan ook tot ontsteking komen door verlaging van de grondwaterstand. Hierdoor komt er meer zuurstof in de bodem, waardoor de afbraak van strooisel (mineralisatie) wordt versneld. Er komt dan veel stikstof vrij, met alle gevolgen van dien.

### Vitaliteit per boomsoort

De gezondheid van bomen wordt afgemeten aan de lichtdoorlatendheid van de kroon, aan het aantal bladeren of naalden en de vorm en kleur hiervan.

Naaldbomen vormen elk jaar nieuwe zijscheuten met daarop wintergroene naalden, een zogenaamde naaldjaargang. Afhankelijk van de boomsoort, blijven naaldjaargangen twee tot zeven jaar aan de takken zitten voordat ze verkleuren en afvallen.



➤ Gezonde **fijnspar**, de hele tak is met zeven naaldjaargangen bezet



➤ Afwijkende scheuten bij **zwarte den** als gevolg van schimmelziekte

Om bomen onderling te kunnen vergelijken, kijken onderzoekers bij alle naaldbomen, behalve grove den en lariks, naar de naaldbezetting en de kleur van de naalden die groeien aan de zevende en de tiende takkrans, gerekend vanaf de top.

### Beuk

Een vitale beuk laat slechts ongeveer één zeventigste deel van het opvallende licht door en de bladeren zijn glanzend. Afnemende vitaliteit, vooral door droogte, is zichtbaar doordat de bladeren leerachtig worden en omkrullen en bruine vlekken of lichte bladpunten vertonen. Tenslotte verliezen de bladeren hun normale, groene kleur en levende bladeren vallen vroegtijdig – al in augustus – af. Uitdroging leidt tot het doorzichtiger worden van de kroon en bladverlies in de top. Een hoge stikstofbelasting

➤➤➤ Gekromde en afgestorven eindscheuten door de schimmelziekte *Sphaeropsis sapinea*

is vooral af te lezen aan de eindknoppen van de takken. Deze groeien door, de takken gaan buiten de afgeronde boomkroon uitsteken en sterven vervolgens af. Ook overdadige productie van beukennootjes, na zogenaamde noodbloeï, is vaak een gevolg van verzwakking.

### Zomereik

Een vitale zomereik laat ongeveer één vijfentwintigste deel van het licht door. Bij afnemende vitaliteit worden de bladeren geel en krullen om. De bladproductie wordt minder en de bladeren vallen vroeger af. Soms blijven herfstkleuren uit. De buitenste takken sterven af. Bladeren concentreren zich op korte takjes aan de basis van de hoofdtakken. De volle boomvorm verdwijnt en begint meer en meer op een heksenbezem te lijken. Ook het kaal worden van de kroon, onder andere door bladverlies vóór Sint-Jan (21 juni), is een veeg teken.

### Berk

Zelfs een vitale berk laat veel licht door, maar heeft een duidelijk hogere bladbezetting dan zieke soortgenoten. Een gezonde berk heeft een fijn vertakkingspatroon dat doorloopt tot aan het einde van de takken. Het verkleuren van de bladeren van groen via geel naar bruin wijst op afname van de vitaliteit. Er treedt vroegtijdige (zomerse) bladafval op en de groei van de jongste loten wordt geremd.

### Grove en zwarte den

Vitale dennen laten slechts ongeveer één twintigste deel van het licht door en de naalden zijn blauwgrijsgroen. Bij bomen die ouder zijn dan veertig jaar, moeten minimaal twee jaargangen naalden zichtbaar zijn. Bomen jonger dan veertig jaar zijn vitaal als ze minimaal anderhalve jaargang laten zien zijn. Afnemende vitaliteit uit zich vooral in naaldverlies. Is er minder dan anderhalve jaargang oude naalden aanwezig,



dan is de boom minder vitaal. Bij minder dan één naaldjaargang is deze ziek. Naalden worden dof, geel of bruin en de kroon wordt doorzichtiger en ijler, vooral aan binnenkant van de boom. De top groeit scheef.

Eenjarige scheuten sterven af, later kunnen hele takken schimmelaantastingen, zoals scheut- en taksterfte (veroorzaakt door *Sphaeropsis sapinea*) oplopen. Er zijn dan dode en gekromde eindscheuten aanwezig met niet volledig uitgelopen naaldjes. Ook kenmerkend is het niet volledig afvallen van bruine, hangende naalden, blauwkleuring van het hout en het vloeien van hars uit de takken en de stam. Algengroei op de naalden is mogelijk een gevolg van lekkage van voedingsstoffen. Sommige bomen krijgen een sla-groen uiterlijk, waarschijnlijk door een overmaat aan stikstof.

#### Douglasspar

Een gezonde douglasspar heeft vijf jaargangen naalden en de kroon laat slechts ongeveer één tachtigste deel van het licht door. De naalden zijn donkergroen.

Neemt de vitaliteit af, dan treedt er veel naaldverlies op en kleuren de naalden geelbruin. Zijn er nog maar drie



#### > Douglasspar

tot vier jaargangen naalden aanwezig, dan is de boom aangetast. Bij twee jaargangen is de boom ziek.

#### >> Vitale zilverspar

Er groeien needscheuten aan de bovenkant van de tak, takken gaan hangen en de kroon wordt ijler, vooral aan binnenkant van de kroon.

De waslaag op de naalden raakt beschadigd. Dit is te zien door een takje in water te dompelen: treedt er geen druppelvorming op, dan is de waslaag aangetast. Bij ernstige aantasting treedt schorsbeschadiging en harsuitvloeï op.

#### Onderzoek naar de gezondheid van bomen

Bij recent uitgevoerd onderzoek naar de vitaliteit van bomen is op de volgende zaken gelet:

- ▶ bladverlies en bladverkleuring: hoeveelheid bladeren of naalden, geelverkleuringen;

- ▶ transparantie van de kroon: lichtdoorlatendheid;
- ▶ insecten- en schimmelaantastingen.

Op grond van deze kenmerken zijn vier vitaliteitsklassen onderscheiden: van 'vitale bomen' (klasse 1) tot 'niet vitale bomen' (klasse 4). Bij 'vitale' bomen bestaat geen twijfel over de toekomstverwachting. Bij 'minder vitale bomen', klasse 2, lijkt het bos wel een goede toekomst te hebben. Er zijn echter verschijnselen die erop wijzen dat dit in negatieve zin kan veranderen. De derde klasse, 'weinig vitale bomen', heeft weinig toekomst. De bomen in deze klasse kunnen zich in principe nog herstellen; gezien de ernst van de aantasting lopen bomen in deze klasse echter grote kans verloren te gaan. Maar een zomereik, waarin insecten hebben huisgehouden, kan zich nog goed herstellen. Tenslotte onderscheidt men 'niet vitale bomen', klasse 4. Deze zijn ten dode opgeschreven. Herstel kan alleen plaatsvinden wanneer de situatie op zeer korte termijn ten goede keert.

Het onderzoek naar de vitaliteit van de bomen is in 1984 gestart en jaarlijks herhaald. Op drieduizend plaatsen zijn de bladkleur, boomkroon en naald- en bladbezetting onderzocht.



Wat zijn de resultaten? Hoe gezond zijn de bomen?

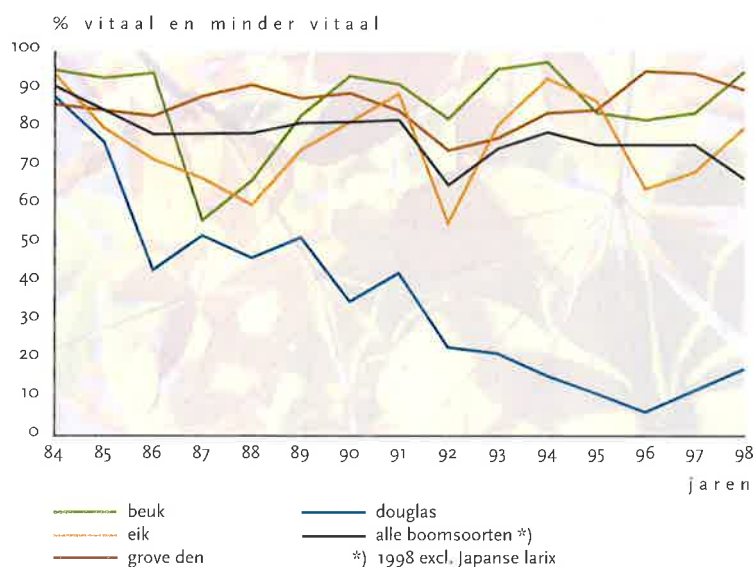
De inzichten in de criteria voor het vaststellen van de vitaliteit van bossen is in de loop van de jaren gewijzigd. Het jaar in jaar uit tellen van bladeren en naalden van fijnspar, beuk, zomereik, Corsicaanse den, grove den en Japanse lariks levert weinig op. Wel bleek de douglasspar achteruit te gaan. Na een dip in de jaren tachtig, is het beeld stabiel: bijna een kwart, 24 procent van de bomen, is weinig tot niet vitaal. Veel terreinbeheerders vinden dit een te hoog percentage.

Ook zijn er sluipende bedreigingen. De bosvegetatie verandert radicaal van samenstelling en processen in de bodem zijn ontregeld. De bomen gaan niet dood, maar de toestand van bodem en vegetatie is zorgelijk.

In 1995 is een nieuw meetnet ontworpen. Vanaf dit moment wordt jaarlijks niet meer op drieduizend, maar

op tweehonderd locaties op de arme zandgronden vitaliteitsonderzoek verricht. Er wordt gekeken naar de bladkleur, boomkroon en bladbezetting. Eens in de vijf jaar onderzoekt men bodem en vegetatie. Nu blijkt dat de vitaliteit van fijnspar, douglas en Corsicaanse den sinds 1984 voortdurend achteruit gaat (zie figuur 5.1). De vitaliteit van eik, beuk, grove den en Japanse lariks blijft vrij stabiel. Ook lijkt de verzuring van de bodem niet verder door te gaan. In 1995 was het wortelmilieu beter dan in 1990: de relatieve gehalten aan aluminium en ammonium waren lager. Deze afname lijkt in verband te staan met de afname van de zwavel- en stikstofdepositie. Ook de bladsamenstelling is tussen 1990 en 1995 verbeterd. Voor de meeste boomsoorten geldt echter nog steeds dat er sprake is van een overmaat aan stikstof, zowel in het milieu als in de bomen zelf, ondanks de afname van het stikstofgehalte in bladeren of naalden.

**Figuur 5.1 Vitaliteit van enkele boomsoorten**



(Bron: RIVM, 1999)

### Meer dode eiken in het bos

Natuurmonumenten houdt al vele jaren de vitaliteit van de belangrijkste boomsoorten in de gaten. Bij alle bekende boomsoorten was de bladbezetting in 1999 vergelijkbaar met die in het jaar ervoor. Des te opvallender is het feit dat 5,5 procent van de eiken dood was. Een hoger aantal dan ooit gemeten is. Toch lijkt het ergste voorbij. Als gekeken wordt naar de jaarlijkse sterfte, dan is die de helft minder dan in 1998. Toen werd, met drie bijna procent, de hoogste sterfte gemeten. Die trad op nadat de eiken in 1996 en 1997 slecht in het blad kwamen door droogte en insectenvraat.

Boomsoorten als beuk, berk en grove den kwamen in die jaren ook slecht in het blad, maar bij deze bomen trad nauwelijks sterfte op. Dit is opvallend. De eik staat bekend als een boom die zelfs onder slechte groeiomstan-

digheden nog aanwezig kan zijn; de beuk stelt hogere eisen. Er is wel een mogelijke verklaring. De eik is in het verleden vooral aangeplant op mindere groeiplaatsen, bijvoorbeeld met een slechts tijdelijk hoge grondwaterstand. Juist hier hebben verdroging, verzuring en vermeting het milieu sterk veranderd. Hierdoor zijn de wortels van de eiken zodanig verzwakt, dat ze zich waarschijnlijk nauwelijks meer kunnen herstellen van een droge zomer en insectenvraat. Door milieu-invloeden kunnen boomsoorten gevoelig worden voor natuurlijke extremen. Het is wel zaak de oorzaken en de gevolgen uit elkaar te houden. Het optreden van de tweestippige eikenprachtkever, die gangen onder de schors van stervende eiken graaft, en de aantasting door de honingzwam blijken eerder een gevolg dan een oorzaak van massale boomsterfte.

Uit: Van Nature, januari 2000

### Bos en kritische waarden

Ondanks de afname van de neerslag van verzurende en vermetende stoffen, is de hoeveelheid die op de bodem neerkomt nog steeds groter dan de kritische waarde: de hoeveelheid waarbij geen effect op het ecosysteem wordt verwacht. Welke grenzen stellen beleidsmakers en wetenschappers voor?

Door hun ruwe oppervlak komt in bosgebieden ongeveer dertig procent meer zure depositie terecht dan gemiddeld landelijk het geval is. In 1993 bedroeg de zuurdepositie in bos 5300 mol zuurequivalent per hectare per jaar. In 1980 was dit nog 7180 mol/ha./jr. Volgens huidig beleid moet er in 2010 nog maar 1400 mol zuur/ha./jr. in bos neerkomen, een vermindering met ruim vijfhonderd en driehonderd procent ten opzichte van respectievelijk 1980 en 1993. De kwaliteitseis voor verzuringgevoelige bostypen op zandgronden ligt echter aanzienlijk lager, namelijk op maximaal 700 mol/ha./jr. Veel minder gevoelige klei- en veengronden zouden rond de 2400 mol/ha./jr. kunnen verdragen.

De omvang van de vermeting in boscystemen is nauwelukkig gevolgd. In bossen bedraagt de gemiddelde depositie 80 kilo stikstof per hectare per jaar, terwijl een input van 10 tot 20 kg./ha./jr. de bovengrens is voor een goede ontwikkeling. Een gedeelte van het overschot vervluchtigt, wordt in de bodem vastgelegd of afgebroken tot gasvormige stikstof. Vooral in bossen op zandgronden spoelt nog een zekere hoeveelheid stikstof uit. Om vegetatieveranderingen en uitspoeling te voorkomen, is ten opzichte van de situatie rond 1985 een reductie van negentig procent nodig. Deze is anno 2000 pas voor een klein deel gerealiseerd.

### Bomen en plagen

Er bestaat verband tussen het optreden van de parasitaire schimmel *Sphaeropsis sapinea* (taksterfte) op dennen en het stikstofgehalte in de naalden. Bomen die een overdosis ammoniumsulfaat te verwerken krijgen, zijn bevattelijk voor deze schimmel. De schimmel veroorzaakt

➤ Rups wintervlinder



het sterven van de eerstejaars scheuten en, in een gevorderd stadium, het afsterven van hele takken. In 1959 is voor het eerst op kleine schaal aantasting aangetoond, in 1982 is voor het eerst aanzienlijke sterfte opgetreden. Deze ziekte floreert tijdens warme zomers. Vooral in de Peel heeft de schimmel grote schade onder dennenbomen veroorzaakt. Na 1985 nam de ziekte weer af, eind jaren negentig was de situatie aanmerkelijk verbeterd.

Ook de aantasting van inlandse eiken door schimmels is een punt van aandacht. De knolhoningzwam veroorzaakt het afsterven van wortels en de schimmel *Pezizula cinnamomea* het plaatselijk doodgaan van de bast. Jonge, gezonde eiken zijn niet vatbaar voor deze schimmels. Zijn de eiken eenmaal verzwakt, dan veroorzaken deze schimmels een verdere aftakeling.

In het algemeen geldt dat bomen door verzuring of een andere vorm van stress gevoeliger worden voor aantasting door insecten. Hun weerstand tegen vraat neemt af. Bovendien wordt de voedingswaarde voor insecten groter doordat de hoeveelheid stikstof in de bladeren toeneemt. Bladluizen profiteren hiervan het sterkst. Ook het aantal bladvetende insecten, zoals rupsen, neemt toe. Bastbewonende insecten profiteren van verzuring doordat takken of zelfs hele bomen afsterven. Vooral de zomereik heeft zwaar te lijden van rupsen en van een aantal vlinders, zoals de groene eikenbladroller in het noorden en de grote en kleine wintervlinder in het zuiden van het land. Bladmineerders, die 'mijnen' graven,

en galvormende insecten hebben juist te lijden van verzuring, omdat de bladeren vaak kleiner blijven. Bij een geslacht mineerders op eik (*Phyllonorycter*) blijkt een duidelijke relatie te bestaan tussen het aantal mijnen en de gezondheid van de bomen. Wanneer de eiken nog wel gezond zijn maar minder vitaal worden, daalt het aantal mijnen sterk. Ook bij een op beuk levende mineerder is een dergelijk verband vastgesteld. De mineerders verraden zo in een vroeg stadium de verslechtering van de conditie van een boom.

### Veranderingen in bosondergroei

Niet alleen in de boomlaag van minder vitale bossen treden veranderingen op, ook de struik-, kruid- en moslaag veranderen van samenstelling.

Afhankelijk van het type bos bedreigen verzuring en vermisting tot zestig procent van de planten in de ondergroei. Algemeen voorkomende, stikstofminnende soorten of zuurtolerante planten drukken langzaam groeiende soorten weg. Op de bosbodem doen zich dezelfde processen voor als op heidevelden, namelijk vergassing en verruiging. Grassen, zoals bochtige smele (op droge plaatsen) en pijpenstrootje (op vochtige plaatsen) gaan domineren. Ze kunnen dichte grasmatten vormen. Meer bochtige smele betekent voor een aantal plantenters ook: meer vreten. Het voedselaanbod voor grote herbivoren, zoals runderen en edelherten, is op de Veluwe beter dan een halve eeuw geleden. Een toename van bochtige smele biedt ook meer kans op het ontstaan van sommige boomplagen. De larven van de zwartrode den-nenicade leven op bochtige smele, de volwassen cicaden veroorzaken zogenaamde bandnecrose in naalden van de grove den.

De bosondergroei in Nederland kenmerkt zich tegenwoordig door zeer algemene soorten als genoemde grassen en stikstofliebbers. Er kunnen bramen woekeren en ook de vlier doet het uitstekend. Enkele planten die oorspronkelijk al in het bos voorkwamen, breiden zich uit, zoals brede stekelvaren, zachte witbol en vooral rankende helm-bloem. Drienerfmuur, een soort van voedselrijkere bossen, groeit nu ook in bossen op de armere gronden. Daarentegen zijn bodembewonende korstmossen, bijvoorbeeld rendiermossen, vrijwel verdwenen. Ook planten, kenmerkend voor voedselarm berken-eikenbos, zoals hengel, nemen sterk af.

In kwijnende bossen zitten er minder bladeren of naalden aan de bomen. Door boomsterfte vallen er gaten in het bos, waardoor er meer licht op de bodem komt. Dit heeft uiteraard ook gevolgen voor de ondergroei. Een plant als knikkend wilgenroosje, kenmerkend voor kapvlakten en bosranden, groeit nu dikwijls onder minder vitale bomen. Ook akkeronkruiden doen hun intrede; er ver-

➤➤ Hengel, een kleine bosplant met weinig concurrentiekracht



➤➤➤ Eikenmos, een korstmos dat alleen voorkomt in gebieden met weinig ammonium



➤ Bij aan bos gebonden vlinders zijn grote veranderingen opgetreden. Met uitzondering van een enkele soort gaat het niet goed met de vlinders van bos en bosrand. Dit is mede een gevolg van milieubederf. Echte bossoorten die ook op de Rode Lijst staan, zijn kleine ijsvogelvlinder en grote weerschijnvlinder. Iepepage, keizersmantel, sleedoorpage, bruine eikepage, eikepage en **gehakelde aurelia** zijn meer aan bosrand en struweel gebonden. Alleen met de laatstgenoemde soort gaat het goed. In de omgeving van bos leven kwetsbare of bedreigde soorten als zilverstreephooibeestje, woudparelmoervlinder, bosparelmoervlinder, bont dikkopje, oranje zandooje en oranjetipje. Met uitzondering van het oranjetipje gaat het met al deze soorten bergafwaarts.

schijnen planten als zwarte nachtschade en hennepnetel, terwijl vogelmuur de laatste jaren een algemene bosplant is geworden.

Ook bij mossen treden ingrijpende veranderingen op. Zo is veertig procent van de bladmos in vitaliteit en aantal achteruitgegaan. Vele soorten mossen dragen geen sporenkapsels meer, terwijl herbariumexemplaren uit de vorige eeuw vaak rijkelijk van kapsels zijn voorzien. Voorbeelden van mossen die achteruit zijn gegaan, zijn gaffeltandmos en kussentjesmos. Sporenkapsels van deze laatste soort zijn zeer zeldzaam geworden. Zelfs in goed afgeschermd bosgebieden als de Onzalige bossen in Nationaal Park De Veluwezoom gaat kussentjesmos achteruit. Opvallend genoeg is de afname hier pas laat ingezet, namelijk na 1986. Hieruit blijkt dat ook kernen van grote bosgebieden niet verschoond blijven van de lange arm van luchtvervuiling. Enkele mossen van meer voedselrijke grond, zoals fijn laddermos en gewoon dikkopmos, zijn steeds algemener geworden.



### Het bos van de Rouwkuilen (Limburg)

Het bosgebied de Rouwkuilen ligt vlak bij IJsselsteyn, op de grens tussen Brabant en Limburg. Rondom het vijftig hectare grote bos is in het verleden wildgroei opgetreden van intensieve veehouderij. Het is dan ook niet verbazingwekkend dat juist in dit bos en het er naast gelegen van de eerste gevolgen van ammoniakrijke regen zijn waargenomen. Daardoor heeft het gebied (inter)nationale bekendheid gekregen als 'zure regenreservaat'.

Voor veel bossen in de Peel waren de jaren 1984 en 1985 barre tijden: in de omgeving werd onbeperkt mest gedumpt, ouderwetse stallen zaten vol varkens en kippen en kenden geen uitstootbeperking. Al met al viel hier gemiddeld 120 kilo stikstof per hectare in het bos. Dit is ruwweg het vijftigvoudige van wat er in een schoon milieu uit de lucht zou komen.

In vijftien jaar tijd is de situatie voor de natuur aanmerkelijk verbeterd. In 1999 bedroeg de stikstofneerslag in het bos 35 tot 40 kilo per hectare.

In de jaren tachtig was niets dan narigheid in de Rouwkuilen: bomen stierven als gevolg van de acute blootstelling, schimmelziekten tierden welig op bast en naalden, zoals taksterfte, veroorzaakt door *Sphaeropsis sapinea*. Onder het kwijnende bos ontstond een weelderige opslag

van (zuurtolerante) lijsterbes, vuilboom en (stikstofminnende) vlier doordat de boomkronen dunner werden.

De bodem van het bos groeide dicht met pijpenstrootje en bochtige smele. De stikstofminnende brede stekelvaren nam woekerende proporties aan. Het oogde allemaal wel heel erg groen voor een schraal bos op zand.

De oorspronkelijke rendiermosses waren verdwenen, evenals de vele paddestoelen die in de herfst zo'n relatief saai bos opvrolijken. Normaal herbergt elk bos vele zogenaamde mycorrhizavormende paddestoelen. Deze leven met bomen samen en voorzien ze van water en mineralen. Vooral grove den, beuk, eik en berk hebben vele 'partners', zoals eekhoortjesbrood, vliegezwam en berkenrussula. In de Rouwkuilen waren uit oude verslagen 53 mycorrhizavormende soorten bekend. In 1999 was er niet één meer over. De Katholieke Universiteit Nijmegen heeft in de Rouwkuilen een langdurig experiment uitgevoerd. Vuile regen werd opgevangen en schone regen werd op de bodem gesprekeld. Er bleek dat langzaam, beperkt herstel tot de mogelijkheden behoort: drie soorten paddestoelen keerden terug.

Ook onder de huidige, verminderde milieudruk treedt enig herstel op, al is dit niet aan de bodem en de hier in en op levende organismen te zien. De bodem is immers zo met stikstof verzadigd dat er nog jaren schone neerslag nodig is voordat er weer een schraler bosmilieu zal ontstaan, compleet met mossen, korstmossen en paddestoelen. De bomen zelf herstellen wel opvallend. De acuut giftige situatie van jaren geleden is voorbij. De bomen vertonen minder verkleuringen aan bladeren of naalden en minder schimmelziekten. Al het gewas is nog wel stikstof- en eiwitrijker dan vroeger. Het is hierdoor ook voedzamer voor allerlei kleine knabbeelaars en schimmels, waaronder een aantal potentiële veroorzakers van plagen.

### Bospaddestoelen onder druk

Bij onderzoek naar veranderingen van de paddestoelenflora in bossen, zijn oude rapporten vergeleken met recente gegevens over dezelfde gebieden. Hieruit blijkt dat de achteruitgang van sommige groepen al in de jaren vijftig is begonnen, het eerst in het zuiden en oosten van het land. De mycorrhizapaddestoelen zijn het sterkst afgenomen. In Nederland bedraagt deze afname naar schatting meer dan 95 procent, gemeten vanaf 1960.

Het aantal saprophyten op humus is ongeveer gelijk gebleven, al zijn er aanwijzingen dat deze in naaldbos achteruitgaan. Sommige houtbewoners en parasieten zijn in aantal toegenomen, wat duidt op een grotere beschikbaarheid van hout en verzwakte bomen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de dennenvoetzam (op coniferen), berkenzwam (op berk), echte tonderzwam (op berk en beuk), oesterzwam, harslakzwam, groene schelpzwam en dikrandtonderzwam (alle op loofhout). In bossen op kalkrijke zand- en kleibodems lijkt de afname minder sterk te zijn. Ook soorten van humusrijke en

➤ Afgestorven bos als gevolg van ammoniumoverdaad in de Rouwkuilen, 1986



minder mineraalarme bodems, bijvoorbeeld kastanjeboleet en aardappelbovist, zijn duidelijk minder afgenomen. Mycorrhizavormende paddestoelen die ook saprofytisch kunnen leven, lijken wat minder gevoelig. Een voorbeeld hiervan is de krulzoom.

#### Moerasbos

Elk type moerasbos herbergt andere soorten paddestoelen. De koperrode gordijnzwam en de grote moeraszwavelkop groeien in sporken-wilgenbroekstruwelen; de armbandgordijnzwam en de berkenrussula zijn kenmerkend voor berkenbroekbossen. In elzenbroekbossen leven bijzonderheden als de groenige elzenmelkzwam en violette satijnzwam. In bron- en kwelgebieden is soms het beekmijtertje te vinden, wat groeit op onder water liggende bladresten. Over de hele linie neemt het aantal paddestoelen in moerasbossen af, dit heeft primair met verdroging te maken. In tweede instantie speelt mogelijk ook verhoogde stikstoftoevoer een rol. Dit is waarschijnlijk vooral het geval in van nature voedselarme en zuurdere moerasbossen, zoals het berkenbroekbos. Armbandgordijnzwam, beekmijterje en violette satijnzwam worden sterk in hun voortbestaan bedreigd.

#### Naaldbos

De paddestoelenflora van naaldbossen kent vele zeldzaamheden. Maar liefst 81 procent van de naaldbospaddestoelen staat op de Rode Lijst van kwetsbare of bedreigde soorten. In naaldbossen is een afname met maar liefst 65 procent van het aantal soorten geconstateerd. Sterk afgenomen, op dennen groeiende soorten zijn: slijmige gordijnzwam, fijnschubbige boleet, pagemantel, gele en witbruine ridderzwam. Al deze paddestoelen waren vroeger algemeen op zure, mineraalarme zandgronden met een dunne humuslaag.

Ook de gele ringboleet en andere paddestoelen die in symbiose leven met lariks gaan achteruit. Dit geldt ook voor soorten die met sparren samenleven, zoals de slijmige spijkerzwam. Stikstofverontreiniging en ophoping van stikstofrijk strooisel zijn hiervan de oorzaak.

Opvallend is dat niet alleen de mycorrhizasoorten, die

in symbiose leven met bomen, achteruitgaan. Ook strooiselsaprofyten, soorten die strooisel afbreken, zoals de dennensatijnzwam en de sparrenstinktaailing, hebben het zwaar. Het lijkt er op dat de achteruitgang bij saprofyt later is ingezet dan bij de mycorrhizasoorten. Ook saprofyt van naaldhout, soorten die dood hout afbreken, gaan achteruit. Dit is alarmerend, omdat de laatste jaren meer dood hout in bossen blijft liggen en er dus eerder sprake zou moeten zijn van vooruitgang dan van achteruitgang.

#### Loofbos op zandgronden

In loofbossen op zandgrond zijn de mycorrhizasoorten met veertig procent afgenomen in vergelijking met de eerste helft van de vorige eeuw. Bij berk zijn de lila gordijnzwam, rimpelige gordijnzwam en de oranje berkenboleet achteruitgegaan; bij beuk de vermiljoengordijnzwam. Op eik nam de narcisridderzwam af. In eikenhakhoutbossen komt de bekende hanenkam of cantharel veel minder voor. Minder dan in het verleden is de rosse populierboleet op ratelpopulier te vinden. Verder zijn de gezoneerde en fluwelige stekelzwam en de witte duifridderzwam zeldzaam geworden.

Voor een deel vertoont voedselarm loofbos een vergelijkbaar beeld als naaldbos: een sterke achteruitgang van vele mycorrhizasoorten. De oorzaak is ook hier het ouder worden van het bos en de hiermee gepaard

#### ► Honingzwam

#### RODE LIJST ►

### Hanenkam

De hanenkam, ook bekend als cantharel of dooierzwam, was vroeger zeer algemeen en talrijk in loof- en naaldbossen op de zandgronden en aan de binnenduinrand. De soort werd, als enige in ons land, op grote schaal voor consumptie verzameld. Er zijn geen aanwijzingen dat deze praktijk een belangrijke invloed heeft gehad op de geconstateerde afname. Deze paddestoel vormt mycorrhiza met allerlei bomen, in ons land vooral grove den, eik, berk en beuk. De hanenkam vertoont sinds de jaren zestig een gestage achteruitgang. De soort is vrijwel geheel verdwenen uit dennenbossen, en ook in loofbossen in recente jaren zeer schaars geworden. De meeste groeiplaatsen bevinden zich tegenwoordig in schrale, mosrijke wegbermen onder oude loofbomen op zandgrond.

(Uit: Bedreigde en kwetsbare paddestoelen in Nederland)



gaande ophoping van stikstofrijk strooisel. Stikstofmijdende en saprofytische soorten, zoals de gestreepte trechterzwam, gaan achteruit en stikstofminnende soorten, zoals de tweekleurige trechterzwam, nemen toe. Opvallend, vooral op berk, is de toename van de goed herkenbare echte tonderzwam. Een andere soort op takken van loofbomen, de kussenvormige houtzwam, neemt echter om een onverklaarbare reden af. Saprofytische paddestoelen die de voorkeur geven aan humeuze stikstofrijke bodems zijn sterk toegenomen. Het betreft anjischampignon, nevelzwam, witte bundelridderzwam, paarse schijnridder, kopergroenzwam en kleine stinkzwam.

**Bosvogels**

Sinds 1900 is er in ons land veel bos bijgekomen en is het bos ouder en gevarieerder geworden. Voor vogels pakt dit gunstig uit. Vijf soorten hebben zich na 1900 in Nederland gevestigd: zwarte specht (1907), vuurgoudhaan (1928), keep, sijs en kruisbek. De raaf is succesvol op de Veluwe geherintroduceerd. Na de grootschalige vergiftiging met landbouwbestrijdingsmiddelen in de jaren vijftig en zestig van de vorige eeuw, zijn de meeste roofvogels weer fors toegenomen. Dit geldt bijvoorbeeld voor mede aan bos gebonden soorten als havik en wespendif.

**Paddestoelen en vitaliteit, twee schattingsmethodes**

Op de volgende twee manieren kan, aan de hand van gegevens over de paddestoelenflora, een indruk worden verkregen van de 'gezondheidstoestand' van een bosopstand.

1. Bepaling van het aandeel van mycorrhizavormende soorten op het totale soortenaantal; op min of meer onvervuilde plaatsen zal dit in bossen op zandgrond ongeveer vijftig procent bedragen. Onder invloed van vermesting neemt dit percentage af. Er is dan een relatief groter aandeel saprofyten en parasieten, met name houtbewonende soorten. Dit kan wijzen op een verslechterde conditie van de bomen, maar in een droge periode zijn de houtbewoners altijd talrijker dan anders. Deze zijn relatief goed tegen droogte bestand. De inventarisatie moet dus wel zo compleet mogelijk zijn. Op beuken met een verslechterde conditie kunnen bijvoorbeeld honingzwam, oesterzwam, grijze gaatjeszwam, reuzenzwam en korsthoutskoolzwam sterk toenemen. Naast vermesting kan ook verdroging van het terrein de paddestoelenflora beïnvloeden. Op oudere eiken die door verdroging minder vitaal zijn geworden, kunnen bijvoorbeeld honingzwam, oranje aderzwam, ruwe bloedzwam en platte tonderzwam talrijker worden. Op zieke berken kunnen de berkendoder en de echte tonderzwam in aantal toenemen.

2. Bepaling van het aantal soorten van enkele als gevoelig bekend staande groepen.

Met behulp van onderstaande tabel kan een voorlopige indicatie worden verkregen over de toestand van het bos. Als voorwaarden voor het gebruik van deze methode gelden:



- a. wegbermen en greppelkanten moeten apart worden bekeken en beoordeeld. Op deze plaatsen verschijnen vaak meer mycorrhizapaddestoelen dan elders;
- b. de bosopstand moet min of meer homogeen zijn, verschillende bostypen mogen niet op één hoop worden gegooid;
- c. de methode geldt niet voor jonge aanplant.

**Te verwachten aantallen soorten van enkele groepen paddestoelen bij verschillende gradaties van verarming**

Verarming:	Loofbos op zandgrond			Naaldbos op zandgrond		
	weinig	matig	sterk	weinig	matig	sterk
Stekelzwammen en hanenkammen	2	1-2	0	1	1	0
Boleten	5	3-5	0-2	4	2-4	0-1
Ridderzwammen	1	1	0	1	1	0
Gordijnzwammen	6	4-6	0-3	4	2-4	0-1
Melkzwammen	7	3-7	0-2	5	3-5	0-2
Russula's	7	4-7	0-3	5	3-5	0-2

(Bron: P.J. Keizer, Utrecht)

> Stinkzwam, doet het goed op stikstofrijke bodem



**(Groene) specht en rode bosmier**

Rode bosmieren bouwen een nestkoepel waarin een kolonie van vele tienduizenden individuen leeft. Ze doen dit bij voorkeur aan de zonnige zuidranden van open bossen op zandgrond. Hier vinden ze het meeste voedsel: allerlei insecten in het open veld, maar ook veel luizen in de bomen die ze melken.

Deze voorkeur voor bosranden maakt rode mieren extra kwetsbaar voor milieudruk vanuit het cultuurland. Bij deze soort is een duidelijke achteruitgang waargenomen. Door veranderingen in de ondergroei, zoals het oprukken van braam en bochtige smele, neemt het aantal geschikte nestplaatsen af en vermindert de geschiktheid van het



➤ Rode bosmier

bos als foerageergebied. Voor de koepelnesten zijn lichte plekken in het bos nodig; dit zijn precies de plaatsen waar bramen zich thuisvoelen. Hierdoor zijn de nesten nu vooral nog te vinden in grote bosgebieden die niet aan zwaar bemeste cultuurlanden grenzen. Ze ontbreken vaak in bosjes die omgeven zijn door maïsakkers. Achteruitgang van het aantal mieren heeft gevolgen voor de groene specht. Het voedsel van deze vogel bestaat voor 90 procent uit mieren, tegen 55 procent bij de zwarte specht. Op het menu staan onder andere de zwarte grasmier en, vooral 's winters, de rode bosmier. Ook de draaihal zoekt zijn voedsel, vooral mieren en hun poppen, op de grond. Het is dan ook niet verwonderlijk dat groene specht en draaihal in Nederland in aantal afnemen.

➤➤ Groene specht

➤➤➤ Koolmees

Eind jaren tachtig is in een uitgestrekt bosgebied op de grens van Brabant en Limburg een verband aangetoond tussen de aanwezigheid van de groene specht en de rode bosmier. In vijftien jaar tijd nam hier het aantal groene spechten met 75 procent af. In dezelfde periode verdwenen alle grote bosmiernesten en namen de middelgrote nesten met 70 procent af.

Het is aannemelijk dat bodemverzuring en de plaatselijk grote toevoer van stikstof uit de lucht de mierenstand parten spelen. Door vergrassing verdwijnen de kale plekken waarvan mieren afhankelijk zijn. Dit verklaart mogelijk ook waarom de groene specht het in de duinen wel goed doet. Hier spelen zure regen en vermisting een geringere rol.

De zwarte specht neemt in aantal toe, net als de grote en kleine bonte specht en de boomklever. Dit zijn allen holenbroeders, die kunnen profiteren van een toename van zieke en dode bomen in het bos. De zwarte specht leeft van grote keverlarven die zich onder boombast of in vermolmd hout bevinden. Ook de kleinere dennensnuitkever wordt veelvuldig door de zwarte specht gegeten. Overigens hebben ook het ouder worden van het Nederlandse bos en de toename van het bosareaal bijgedragen aan de vooruitgang van deze spechtenssoort.

**Koolmees**

Het broedsucces van koolmees en zwarte mees op de arme zandgronden is te laag. Sommige vogels leggen in het geheel geen eieren, andere produceren kleinere legfels dan normaal. Veel eieren hebben een te dunne eischaal. Hierdoor breekt het ei gemakkelijk of droogt de inhoud ervan uit. Ook komt het nogal eens voor dat de jongen in het nest hun poten breken en daardoor sterven. Deze verschijnselen zijn een gevolg van een tekort aan kalk. Op de zandgronden heeft twintig tot vijftig procent van de vrouwtjesmezen en tien procent van de jongen met kalkgebrek te kampen. In geïsoleerde bossen op de Veluwe en in Noord-Brabant kan zestig procent van de vrouwtjes aan calciumgebrek lijden. In bossen op rijkere grond doen deze problemen zich niet voor. De vogels eten hier veel slakkenhuizen. Deze vormen de voornaamste kalkbron voor de vrouwtjes en voor de jongen in het nest, die veel kalk nodig hebben voor de ontwikkeling van het skelet. Op arme zandgronden komen vrijwel geen huisjesslakken voor. De vogels moeten hier hun toevlucht zoeken tot bijvoorbeeld oude eischalen van kippen in de buurt van bebouwing. Toch zien we niet minder mezen dan vroeger. Dat de populaties op de zandgronden niet afnemen, komt waarschijnlijk door immigratie van koolmezen uit



gebieden waar zich geen problemen voordoen. Hoewel onderzoeksgegevens ontbreken, is het waarschijnlijk dat ook zeldzamere vogels van bos en hei, zoals nachtzwaluw en korhoen, met dezelfde verschijnselen kampen. Bij deze soorten wordt de populatie niet van buitenaf aangevuld.

Behalve calciumtekorten liggen ook vergiftigingsverschijnselen op de loer. Door verzuring komt onder andere meer cadmium, aluminium en lood beschikbaar. Bodemdieren, zoals pissebedden, kunnen hierdoor vergiftigingsverschijnselen oplopen. Kritische plekken zijn bijvoorbeeld voormalige landbouwgronden die in natuurgebied worden omgezet. Door kunstmestgebruik bevatten deze toch al te veel metalen. In de lever en nieren van korhoenders, edelherten, wilde zwijnen en runderen op de arme zandgronden zitten hoge gehalten cadmium. Voor zover bekend leiden deze niet tot sterfte, maar geven wel reden tot zorg.

### Nachtegaal



Nachtegalen laten hun doordringende 'jujuju', melodieuze trillers en rollers vooral horen in (vaak brandnetelrijke) hoge struwelen, bosranden en bossen met een dichte ondergroei van struiken. Hoewel de nachtegaal een voorkeur heeft voor vochtige terreintypen, broedt hij ook in droge gebieden. Het voorkomen van de nachtegaal valt veelal samen met dat van kalkhoudende bodems: duinen en zeekleigebied, Zuid-Limburg en plekken waar kalkrijk grondwater (kwel) aan de oppervlakte komt.

De meeste nachtegalen zijn tegenwoordig in de duinen aan te treffen. Landelijk neemt de nachtegaal al lange tijd af, maar sinds 1984 lijkt er sprake te zijn van een toename van 'duin-nachtegalen'. Deze profiteren van de toename van struweel met onder andere meidoorn, voor een deel een gevolg van de toevoer van vermestende stoffen. In de bossen op de zandgronden resteert nog maar een fractie van het aantal nachtegalen dat hier tien jaar geleden voorkwam. In het zeekleigebied is de nachtegaal toegenomen, evenals in moerassen. Dit laatste kan een gevolg zijn van verdroging en het wegvallen van beheer waardoor de oppervlakte struweel en bos is toegenomen. De nachtegaal is vaak verdwenen uit gebieden waar in vergelijking met vroeger minder kwel optreedt.

### Wolfheze

Wolfheze ligt op de overgang van de bosrijke stuwwallen van de Veluwe en het gebied van de Nederrijn, waar plaatselijk diep grondwater vanuit de Veluwe omhoog komt. Al vanaf de prehistorie vormt zo'n overgang tussen hoog en laag een buitenkans, niet alleen voor planten en dieren maar ook voor de mens.

Rond 1530 is de Wolfhezer beek gegraven. Hierlangs zijn eiken geplant, die later door negentiende eeuwse romantische schilders 'Wodanseiken' zijn genoemd. Wolfheze is ook bekend om de 'duizendjarige' den. Deze blijkt 450 jaar oud te zijn en is daarmee één van de oudste dennen in ons land. Al deze bomen dateren uit de tijd dat hier nog een middeleeuws dorpje lag, Oud-Wolfheze. Dit is in de Tachtigjarige Oorlog verloren gegaan en niet meer herbouwd. Van Oud-Wolfheze resteert slechts een ovale bult waarop een kerk heeft gestaan.

De vochtigheid van dit gebied is benut bij de opkomst van

de papierindustrie, rond 1600. Achter een uit de Middeleeuwen daterende aarden schans zijn resten van de Wolfhezer beek te vinden. In de heide voelen bedreigde dieren als adders, gladde slang en heikikker zich thuis.

Alle soorten Nederlandse spechten komen hier voor. Kleine bonte specht en groene specht brengen er hun jongen groot. Ook de grootste specht van West-Europa, de zwarte, nestelt er. In oude bomen huizen schuwe boommarters. De zeer zeldzame baardzwam groeit op oude beuken. De terreinbeheerder probeert hier de gevolgen van de daling van de grondwaterstand door drinkwaterwinning te verzachten. Als het aan Natuurmonumenten ligt, wordt ook de nacht weer in ere hersteld. Zeldzame nachtvlinders vliegen zich dan niet meer te pletter tegen de schelle wegverlichting en uilen kunnen veiliger jagen.

### Bos en verdroging

Van alle bossen is 37 procent verdroogd. Vooral de bossen op oorspronkelijke zeer natte gronden (tachtig procent verdroogd), natte gronden (zeventig procent verdroogd) en matig natte gronden (zestig procent verdroogd) hebben het moeten ontgelden. Veel moerasbossen zijn verdwenen door het kanaliseren van beken en door ontginning en ontwatering van hoogvenen. Het bos dat is overgebleven, is vaak aangetast door verlaging van het grondwaterpeil in aangrenzend landbouwgebied. In ruilverkavelingen bedraagt de daling van het waterpeil gemiddeld 35 centimeter, in gebieden met drinkwaterwinning plaatselijk meer dan een meter. In het Bunderbos bij Bunde is door een samenspel van oorzaken het grondwaterpeil zelfs met meer dan drie meter gedaald. In verdroogde bossen treedt een nivellering van de vegetatie op, de overgangen van nat naar droog verdwijnen en er blijft alleen droog bos over. Verlaging van de grondwaterstand leidt tot een versnelde mineralisatie van voedingsstoffen. Dit heeft vermesting en verzuring tot gevolg, het grondwater werkt hier niet meer als buffer. Bomen en ondergroei vertonen verdrogingsverschijnselen. Vooral beuk en berk zijn droogtegevoelig, terwijl eiken slecht tegen wisselende waterstanden kunnen. Planten die kenmerkend zijn voor vochtige standplaatsen in het bos, worden bedreigd. Dit geldt onder andere voor bosanemoon, klaververzuring en de paddestoelenflora. Andere soorten die gebonden zijn aan minder vochtige plekken, profiteren hiervan, zoals de adelaarsvaren en vooral de brede stekelvaren. Deze laatste soort heeft bovendien baat bij de extra stikstof die door de lucht wordt aangevoerd.

Voor planten die afhankelijk zijn van een hoge waterstand, zoals paarbladig goudveil, een soort uit bronbossen met basische kwel, luidt de noodklok. Terwijl bosvogels over de hele linie vooruitgaan, geldt dit niet voor aan moerasbos gebonden soorten. Grauwe vliegenvanger, nachtegaal en wielewaal zijn sterk achteruitgegaan, verdroging en inkrimping van het areaal moerasbos zijn de meest waarschijnlijke redenen.

## Beheersmaatregelen

De invloed van beheersmaatregelen op het ecologisch wel en wee van bossen is groot. Vooral het stimuleren van natuurlijke processen is van belang. Hierbij krijgen boomsoorten die aangepast zijn aan de groeiplaats voorrang, bestaat eventuele aanplant uit inheems materiaal en blijft dood hout liggen. Bovendien is er veel aandacht voor natuurlijke verjonging en open plekken in het bos, wat de kansen voor flora en fauna vergroot. Het kan uitdaging zijn om het bos te laten begrazen, maar overbegrazing komt veel voor; niet alleen door de wilde fauna, maar ook door goedbedoeld uitgezette grazers. Om vergrassing tegen te gaan, zetten beheerders steeds vaker grazers in. Dit helpt goed tegen de ruige grasmat. Maar begrazing door hoefdieren is vaak nadelig voor loofboomsoorten. Deze worden selectief uit de verjonging weggevreten. Vooral eik heeft het soms moeilijk. Om bij een hoge graasdruk natuurlijke verjonging een kans te geven, moet er voldoende dood hout liggen. Dit beschermt jonge opslag tegen vraat.

Op verschillende manieren kunnen verzuring en vermisting worden beperkt. Vooral bosranden, met een breedte van vijftig tot honderd meter, zijn erg gevoelig voor vermisting door het inwaaien van meststoffen en ammonium. Gericht beheer kan dit enigszins indammen, bijvoorbeeld door er voor te zorgen dat de bosrand goed gesloten blijft. Dit kan door veel bomen en struiken aan te planten, het liefst soorten die tegen een stootje kunnen, bijvoorbeeld vlier die het erg goed doet bij sterke vermisting en eventueel de gewone esdoorn. Door de vertering van calciumrijk esdoornblad komt er extra bufferstof in de bodem.

Het is ook belangrijk om het kronendak goed gesloten te houden door niet te dunnen. De bovenste takken vangen het grootste deel van de verzurende en vermistende stoffen op waardoor de rest enigszins gespaard blijft. Vermisting zou aangepakt kunnen worden door de strooisellaag te verwijderen. Dit is echter onbetaalbaar.

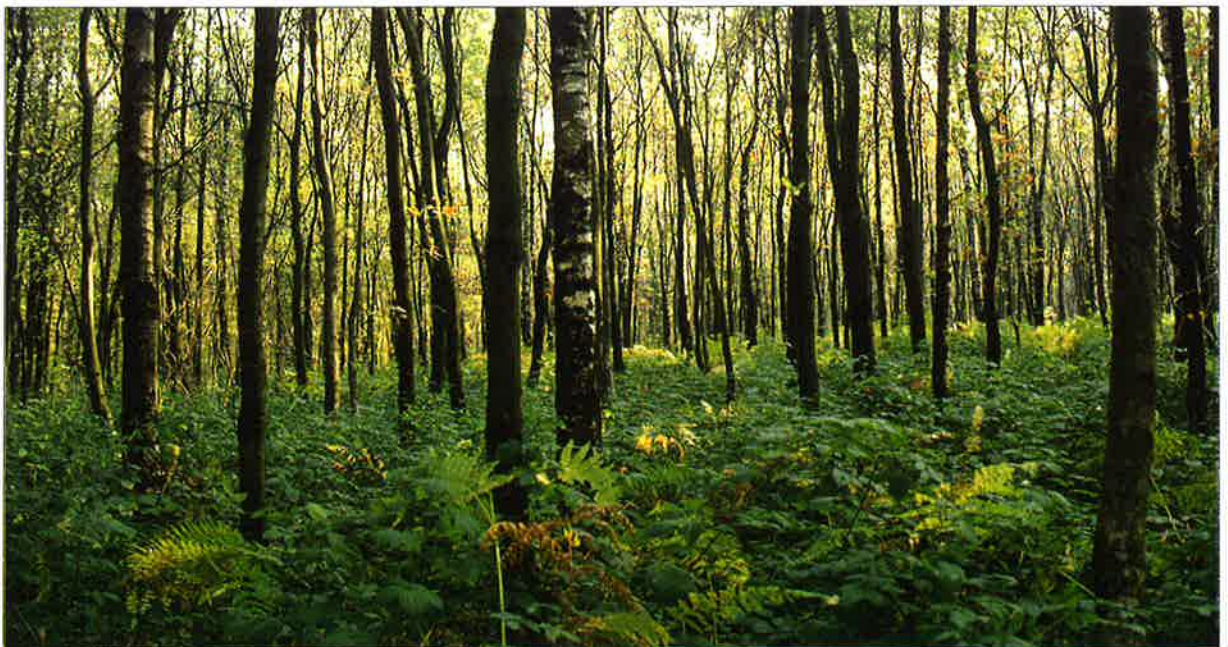
Experimenten met de verwijdering van bosstrooisel laten zien dat een gedeeltelijke terugkeer van de rijke paddestoelenflora wel degelijk tot de mogelijkheden behoort.

Verzuring lijkt ook te bestrijden door de bodem te bekalken met lavameel of mergel. Deze stoffen hebben voordelen boven pure kalk. Kalk kan al bij een lichte overdosis tot een sterke verhoging van de zuurgraad leiden. Allerlei planten die thuishoren in een zwak zuur milieu, zullen dit niet overleven. Het belangrijkste probleem bij zuurgraadverhoging is de kans op het afgaan van de eerder genoemde 'stikstofbom' (zie pagina 76). Bij een hogere zuurgraad loopt de verwerkingssnelheid van lavameel en mergel terug. Er komt dan minder bufferstof in de bodem.

De meeste terreinbeheerders zijn terughoudend met het toedienen van kalk of mineralen, zoals kalium. Een gift van kalium blijkt wel effectief voor het terugdringen van een schimmelziekte als *Sphaeropsis* (taksterfte). De neveneffecten van kalium en magnesium lijken beperkt. Bij ieder onderzoek worden echter maar enkele groepen soorten in een ecosysteem gevolgd; mogelijke consequenties openbaren zich wellicht pas na jaren.

Paddestoelen zijn niet gebaat bij bekalking van bossen ter bestrijding van verzuring of mineralentekort. Bekalken kan versnelde mineralisatie van stikstof uit organische stof tot gevolg hebben. Er bestaan kleinschalige methoden die meer effect sorteren. Het plaatselijk verwijderen van stikstofbevattend strooisel door plaggen of harken bevordert de terugkeer van paddestoelen. Hierdoor ontstaat een geschikt vestigingsmilieu voor tal van bedreigde soorten.

Verdroging van het bos kan lokaal en regionaal worden tegengegaan. Op plaatselijk niveau is het afdammen van afwateringsloten soms effectief, net als het verhogen van de grondwaterstand in omringend landbouwgebied. Regionaal is het herstel van grondwaterstromingen essentieel.



## Veranderingen in bossen op zandgronden in het kort

### Algemene punten

Het bosareaal neemt toe ten gevolge van ander bosbeheer, wat ook geldt voor de interne kwaliteit van het bos. Er is ook een toename van het aantal planten en broedvogels te zien. Toch spelen er minder positieve zaken:

- ▶ vitaliteitsvermindering bij diverse naaldbomen en eik, mossen, korstmossen en enkele vogels;
- ▶ ophoping van strooisel;
- ▶ vergrassing en verruiging;
- ▶ optreden van plagen op bomen;
- ▶ verdwijnen van plantensoorten van voedselarme, licht zure bodem;
- ▶ oprukken zuurtolerante soorten;
- ▶ toename bossoorten van rijkere bodems;
- ▶ dramatische achteruitgang van de paddestoelenflora.

### Trends bij planten

Pijpenstrootje	tegenwoordig vaak dominant, vooral in vochtige bossen
Brandnetel	tegenwoordig ook veel aanwezig in voedselarme bossen
Brede stekelvaren	sterk toegenomen door vermesting
Bochtige smele	toename, vooral door verzuring
Bosanemoon	lokaal nog aanwezig, maar gevoelig voor verdroging en verruiging
Hengel	afgenomen
Kussentjesmos	vroeger gezond en veel voorkomend, nu minder vitaal en afgenomen
Rendiermossen	sterk afgenomen door vermesting en verzuring
Rankende helmbloem	toegenomen door vermesting
Vuilboom	algemeen in zure bossen
Braam	sterk toegenomen, vaak langs bosranden op de grens met landbouwgebied

### Trends bij paddestoelen

Hanenkam	afgenomen, net als andere mycorrhizapaddestoelen zoals boleten en russula's
----------	---

### Trends bij dieren

Groene specht	mogelijk afgenomen door afname bosmieren
Rode bosmier	afgenomen, maar met tekenen van herstel

> Brede stekelvaren

>> Brandnetels

>>> Rankende helmbloem

