De Levende Natuur 77 (6):133-141 (1974)

het minst ook voor de mens, die hier niet zelden genoegen moet nemen met ondeugdelijk, brak of zwavelhoudend water.
De Galapagos-albatrossen hebben dus maar weinig vijanden. Hun enige reële vijand is de mens. In vroeger jaren werden door de vissers van San Cristóbal vaak razzia's gehouden naar Hood voor het verzamelen van eieren en veren. En toen in de tweede wereldoorlog de Amerikanen de Galapagos Eilanden bezetten en op Hood een legerradiostation vestigden, was dat voor de albatroskolonie funest. De bezetting bestond uit soldaten die vijf jaren lang tevergeefs zaten te wachten op de komst van de vijand. Zij verveelden zich stierlijk en als je nu een kerel een geweer in handen geeft wil hij schieten, vooral als hij niets om handen heeft en geteisterd wordt door de verveling. En dan gaat hij niet schieten op flessen of elektrische lampjes, maar op bewegende en levende doelen. Gelukkig hebben de Galapagos-albatrossen de bedreiging overleefd.
Iedereen zal bij het zien van albatrossen gefascineerd worden door deze koninklijke en tegelijk zo clowneske vogels. Bovenmate verwonderd was ik toen ik zag hoe van ons groepje twee Amerikanen, onmiddellijk na de landing op Hood, neerstreken op het zandstrandje, een stel kaarten voor de dag haalden en zich gingen verdiepen in het edele kaartspel.
Dergelijke bezoekers zouden wij van de Galapagos moeten kunnen weren. Het is vrijwel de enige plaats op de wereld waar wij door een toeristisch bezoek kennis kunnen maken met deze zeldzame mooie en indrukwekkende vogels. En dienen wij dat dan niet op prijs te stellen en te beschouwen als een zeldzaam geschenk?

De beworteling van enige planten in de Brabantse Biesbosch

JOKE M. J. STEEGHS, A. LOGTENBERG en H. ROGAAR
(Laboratorium voor Bodemkunde en Geologie van de Landbouwhogeschool, Wageningen)

Na de afsluiting van het Haringvliet in 1970 is het waterregiem in de Biesbosch ingrijpend gewijzigd. Voor de afsluiting stond het gebied onder sterke invloed van de getijdenbeweging met een dagelijks tijverschil van ca. 200 cm en een gemiddelde waterstand van + 30 cm NAP (6). Sinds de afsluiting is de dagelijkse schommeling verminderd tot ca. 20 cm (8) bij een gemiddelde waterstand, die naar de gegevens van Bokhorst (1) kan worden geschat op + 45 à 50 cm NAP. Afhankelijk van de weersomstandigheden treden ook nu nog sterke afwijkingen van deze gemiddelde stand op maar deze hangen niet samen met de eb- en vloedbeweging.
Na de afsluiting is de grondwaterstand in de buitendijkse Biesbosch aanzienlijk gedaald. Volgens Bokhorst (1) zijn de laagste grondwaterstanden die af en toe optreden, ongeveer + 35 cm NAP. Een en ander heeft aanzienlijke gevolgen voor de bodemgesteldheid en de plantengroei (1; 2).
Als bijdrage tot het onderzoek naar de huidige veranderingen is in mei 1973 door de beide eerste schrijvers een oriënterend en kwalitatief gericht onderzoek verricht naar de beworteling van enige planten op diverse standplaatsen (zie fig. 1) (5). In het navolgende worden hiervan enige resultaten weergegeven en wel over de beworteling van Grote engelwortel *(Angelica archangelica),* Fluitekruid *(Anthriscus sylvestris),* Harig wilge-

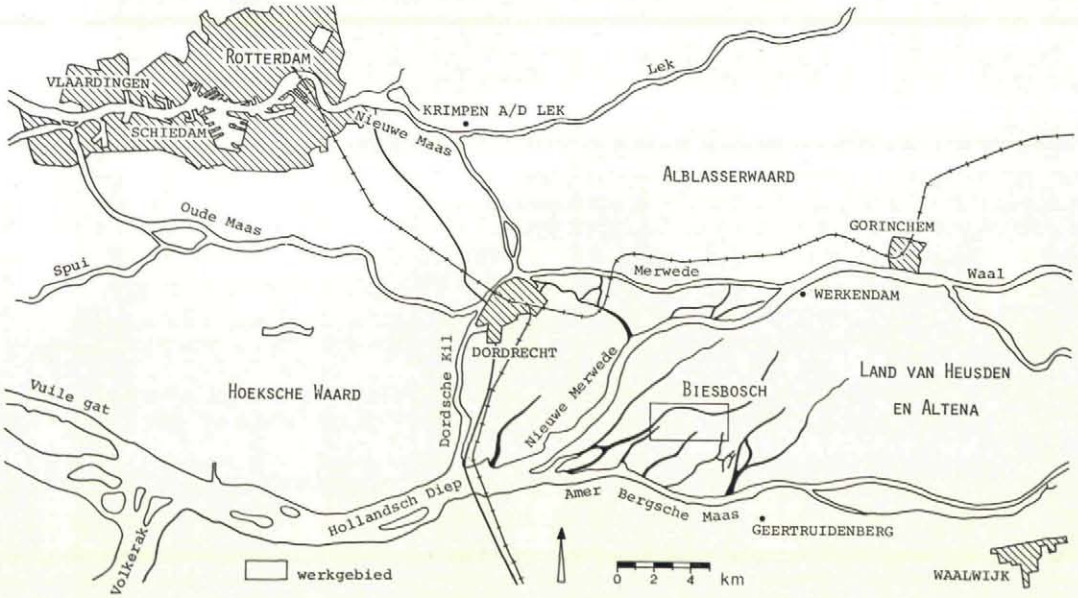


Fig. 1. *Overzichtskaartje; het onderzoek werd uitgevoerd binnen het omlijnde gebied.*

roosje *(Epilobium hirsutum)*, Grote brandnetel *(Urtica dioica)* en Grote lisdodde *(Typha latifolia)*. Zijdelings werd tevens gekeken naar de beworteling van Riet *(Phragmites australis)* en Zeebies *(Scirpus maritimus)*.

Het onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van de afdeling milieuonderzoek van de deltadienst van Rijkswaterstaat. Wij hebben de bijzonder plezierige verstandhouding met Drs. J. Visser, via wie de contacten met de genoemde instantie verliepen, en diens raadgevingen, zeer op prijs gesteld. Bij het onderzoek hebben wij voorts dankbaar gebruik gemaakt van de adviezen van Drs. H. de Boois en de heer J. G. Bokhorst.

Voor de opname van water en voedsel en voor verankering zijn de planten aangewezen op hun wortelstelsel. Voor een goede werking hiervan is een behoorlijke toevoer van zuurstof naar de wortelzone en afvoer van het gevormde koolzuur noodzakelijk. Voorts zijn plantewortels gevoelig voor vergiftiging door zwavelwaterstof, welk gas bij de afbraak van organische bestanddelen in de bodem kan worden gevormd en wordt opgehoopt wanneer de afvoer stagneert. Met toenemende diepte in de bodem wordt de uitwisseling van gassen met de buitenlucht steeds moeilijker. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door de langere transportweg, anderzijds doordat de grond vochtiger wordt, waardoor steeds minder holten beschikbaar zijn voor het luchttransport. Komt men tenslotte in de grondwaterzone, waarin alle holten gevuld zijn met water, dan daalt de uitwisseling tot zeer lage waarden. Voor plantewortels betekent dit in de regel een overmaat aan zwavelwaterstof en koolzuur en voorts een tekort aan zuurstof, waardoor wortelgroei onmogelijk is. In een zone vlak boven het grondwater kan de wortelgroei hierdoor eveneens worden belemmerd. Dit is het gevolg van de capillaire opstijging van het grondwater, waardoor veel poriën zijn gevuld met water en het luchtgevulde poriënvolume laag is.

Er zijn enige plantesoorten, zoals Riet, Zee-

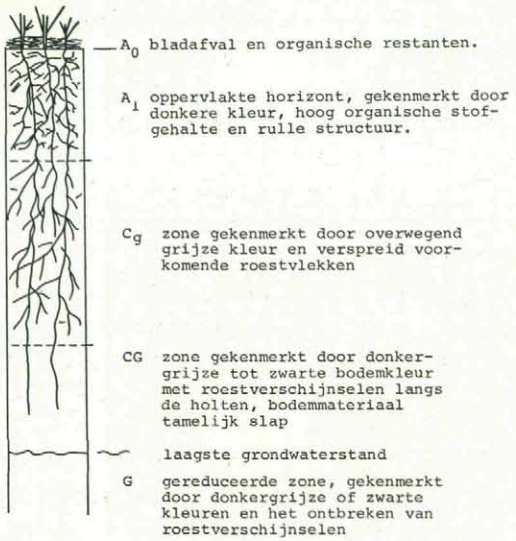


Fig. 2. *Schematisch bodemprofiel.*

bies en Zwarte els, die van de genoemde ongunstige omstandigheden in de diepere lagen geen overlast ondervinden. Dit komt door de aangepaste bouw van hun wortels, waarvan een deel bestaat uit weefsels die speciaal zijn ingericht voor het luchttransport in de wortel. De plant is hierdoor in staat de ongunstige bodemomstandigheden te overwinnen.

In eerste benadering kan men de luchthuishouding van de gronden in de Biesbosch aflezen aan de kleur van het bodemmateriaal en het voorkomen van roestvlekken. De vorming van de roestverschijnselen vindt alleen plaats, wanneer zuurstof in de bodem doordringt. Bij gebrek aan grondwaterpeilbuizen kan men nu de ondergrens van het voorkomen van roest als maat nemen voor de laagste grondwaterstand, die incidenteel of regelmatig in de profielen optreedt.

Beneden deze diepte heersen permanent reducerende omstandigheden, als gevolg van het gebrek aan zuurstof. Deze zone wordt gekenmerkt door een zwarte of donkergrijze kleur van het bodemmateriaal en wordt G-horizont genoemd (zie fig. 2). De bovenzijde van deze horizont kan worden opgevat als de absolute ondergrens voor de beworteling van de meeste planten.

In de zone hierboven van één of enkele decimeters dikte is het bodemmateriaal nog in hoofdzaak gereduceerd en donkergrijs of zwart van kleur. Langs de holten komen echter bruine en rode roestverschijnselen voor als gevolg van oxidatie van het ijzer in de bodem door de toevoer van zuurstof met de lucht. Deze zone is CG-horizont genoemd en is alleen bewortelbaar in de holten, aangezien de bodemmassa zelf alle verschijnselen van een te lage zuurstof-toevoer en ophoping van zwavelwaterstof vertoont. Naarmate men hoger in het profiel komt, neemt het gehalte aan donkere reductievlekken af en dat aan oxidatieverschijnselen toe. De zone, waarin geen reductievlekken maar nog wel roestverschijnselen worden gevonden, wordt Cg-horizont genoemd. Deze is in principe volledig doorwortelbaar.

De bovenlaag van de meeste gronden, de A-horizont, is in de regel zeer los, donker gekleurd en heeft een hoger organische stofgehalte dan de diepere lagen. Als gevolg van de goede aëratie en de gunstige chemische en fysische eigenschappen vormt deze een goed

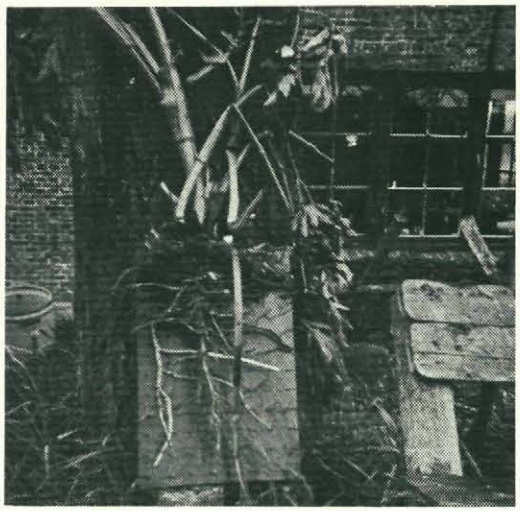


Fig. 3. *Nagelplank met plant.*

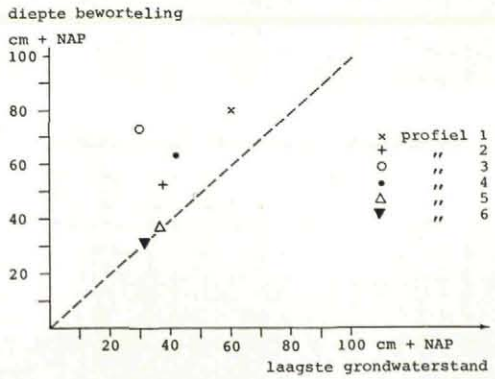


Fig. 4. *Verband tussen de laagste grondwaterstand en de diepte van de beworteling met uitzondering van Riet en Zeebies.*

milieu voor wortels. Het valt te verwachten dat de verlaging van de grondwaterstand in de meeste buitendijkse profielen een vergroting van de bewortelbare diepte ten gevolge heeft gehad. Het onderzoek was er mede op gericht hierover een uitspraak te doen.

Bij de bestudering van het bewortelingsbeeld van de individuele planten werd speciaal gelet op de verdeling van de wortels in de grond en de diepte van doordringing. Het onderzoek werd uitgevoerd met behulp van nagelplanken volgens Goedewaagen en Schuurman (3), die bestaan uit rechthoekige houten borden van 40 × 60 cm, waarop stalen pennen van ca. 15 cm lengte met een onderlinge afstand van 5 cm zijn ingeplant. De pennen worden in de verticale wand van een vers gegraven profielkuil gedrukt, waarbij de te gebruiken kuilwand zo wordt gekozen, dat de afstand tot het hart van de plant ca. 8 cm bedraagt. Vervolgens wordt de plank met plant en al uitgegraven. Spoelt men nu de grond weg, dan blijft de wortelmassa van de plant tussen de pennen achter en kan ze worden bestudeerd (fig. 3). Anders dan bij genoemde schrijvers werd bij dit onderzoek de grond weggespoeld met emmers water, hetgeen mogelijk was door het ongerijpte karakter van de meeste gronden. Uiteraard is deze methode vrij ruw.

Van de wortelmassa's op de planken werden een beschrijving, een foto en een tekening gemaakt. Ter aanvulling van de gegevens werden tevens wortels aan de profielwand zelf en wortelstelsels van planten in de omgeving bekeken.

De gegevens van de profielen zijn kort weergegeven in tabel 1. De fysiografische benamingen zijn ontleend aan Zonneveld (7) en hebben betrekking op de vegetatie en de relatieve hoogteligging van het object ten opzichte van het buitenwater in de periode vóór de afsluiting van het Haringvliet. Ondanks de veranderingen in bodem en vegetatie die sindsdien zijn opgetreden (2; 8), is deze terminologie aangehouden om de aansluiting bij de oudere litteratuur te waarborgen.

Van de plantenmassa als geheel bevinden zich de meeste wortels in de bovenste 10 à 15 centimeter van de bodem. Daaronder neemt de intensiteit geleidelijk met de diepte af. De beworteling eindigt op de overgang naar de gereduceerde zone of reeds 20 cm daarboven (zie fig. 4). In de oeverwal van de rietgors (profiel 3) eindigt de beworteling nog ondieper, namelijk op 65 cm diepte beneden maaiveld, waar de eerste reductievlekken beginnen op te treden. Zeebies en Riet vormen uitzonderingen op het geschetste beeld. Van de eerste werden namelijk wortels aangetroffen tot 25 cm en van de laatste tot minstens 50 cm diepte in de gereduceerde ondergrond.

Beschouwt men de onderzochte planten afzonderlijk, dan vormt de G r o t e e n g e l w o r t e l (fig. 5) in de relatief goed ontwaterde griend (profiel 1) een dikke, taps toelopende penwortel, die aan de hals ca. 8 cm dik is. Hierop staan stevige, ca. 2 cm dikke horizontale en schuin omlaag gerichte zij-

Tabel 1. Overzicht van de gegevens van de profielen.

Profiel	Landsch. eenh. volgens Zonneveld 1960	Hoogte t.o.v. NAP in cm	Vegetatie (de onderzochte soorten zijn onderstreept)	Profielgegevens [1])	Laagste grondwaterstand [2]) in cm t.o.v. maaiveld	t.o.v. NAP	Diepte en intensiteit van de beworteling van de gehele plantenmassa
1	Akker van hoge griend	+ 140	vnl. wilg, Bereklauw, Grote engelwortel, Grote brandnetel, Fluitekruid, Kleefkruid, Zuring	bovengrond uit stevige, donkergekleurde kalkhoudende zavel; op 28 cm overgaand in kalkarme lichte klei met roestvlekken, waarvan de stevigheid met de diepte afneemt; vanaf 60 cm komen zwarte reductievlekken voor; op 90 cm overgaand in gelaagd zand; hofeerdgrond	— 80	+ 60	tot 60 cm diepte, meest intensief in bovenste 10 centimeter
2	Greppel tussen 2 akkers in lage griend	+ 82	vnl. wilg, Grote engelwortel, Fluitekruid, Grote brandnetel, vergeet-mij-nietje	matig slappe, kalkhoudende klei met roestvlekken; op 45 cm overgaand in slappe kalkhoudende klei, zonder roestvlekken; gorsvaaggrond	— 45	+ 37	tot ca. 30 cm diepte, maximum in bovenste 10 cm
3	Oeverwal langs kreek op rietgors	+ 140	vnl. Riet, Fluitekruid, Grote brandnetel, Harig wilgeroosje en Bitterzoet	stevige, grijze, gelaagde, kalkhoudende zavel met roestvlekken; met de diepte neemt stevigheid geleidelijk af; vanaf 65 cm zwarte reductievlekken; vanaf 110 cm gelaagd zand en kleiig materiaal zonder roestvlekken; nesvaaggrond	— 110	+ 30	tot ca. 65 cm diepte, Riet gaat dieper, maximale intensiteit in bovenste 42 cm
4	Kom van rietgors	+ 102	vnl. Riet, Grote lisdodde, Grote brandnetel	matig stevige, grijze kalkhoudende klei; met de diepte neemt de stevigheid snel af; vanaf 55 cm zwarte, slappe zavel; gorsvaaggrond	— 55	+ 47	tot 38 cm diepte, maximaal in bovenste 15 cm
5	Kom van lage ruigte	+ 104	vnl. Riet, Rietgras, Harig wilgeroosje, Grote engelwortel, Dotterbloem	als 4, maar met roestvlekken tot 67 cm diepte	— 67	+ 37	tot 67 cm diepte maximaal in bovenste 14 cm
6	Kom van lage ruigte	+ 93	vnl. Riet, Rietgras, Dotterbloem, Grote lisdodde	als 4, maar met roestvlekken tot 60 cm diepte	— 60	+ 33	tot 60 cm diepte met uitzondering van Riet, dat dieper gaat; bovenste 5 cm sterk doorworteld
7	Plaat in kreek	+ 59	Zeebies	gelaagd kalkrijk zand met roestvlekken tot 7 cm diepte; vlakvaaggrond	— 7	+ 52	tot ca. 32 cm diepte, maximum tussen 12 en 17 cm

[1]) classificatie volgens systeem van bodemclassificatie voor Nederland, 1966.
[2]) als laagste grondwaterstand is de ondergrens van de roestzone aangehouden, zie tekst.

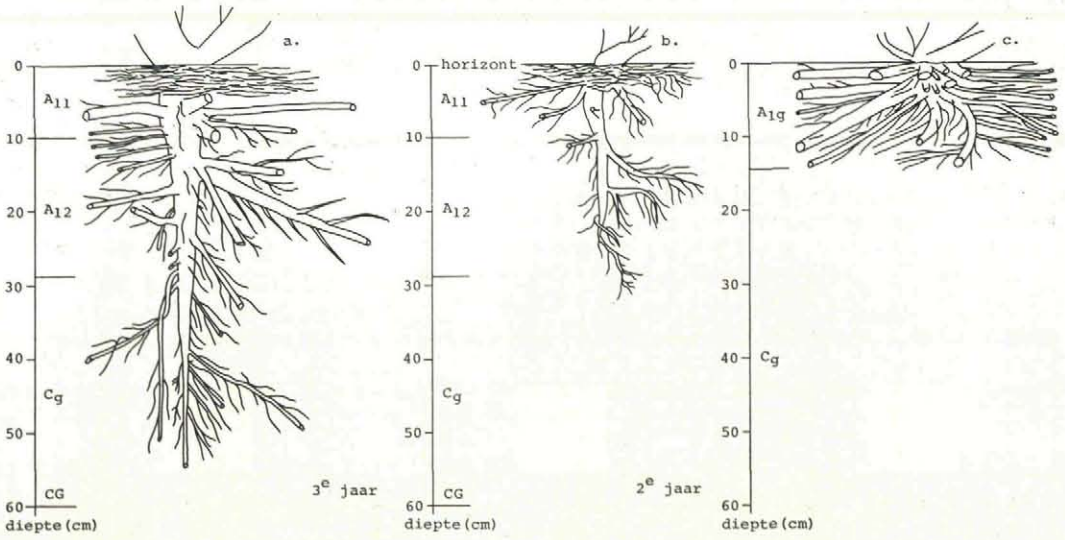


Fig. 5. *Wortelbeeld van Grote engelwortel. a: duidelijk ontwikkelde penwortel bij een 3 jaar oude plant op de akker van een hoge griend (profiel 1). b: idem bij 2 jaar oude plant. c: verscheidene horizontaal afbuigende hoofdwortels op een lage ruigte (profiel 5).*

wortels van eerste orde ingeplant, die op hun beurt weer vertakt zijn. De bovenste 10 cm van het profiel worden door de plant zeer intensief doorworteld met een stelsel van dunne, horizontaal verlopende wortels. In de slecht ontwaterde greppel (profiel 2) en de lage ruigte (profiel 5) vormt de Grote engelwortel geen penwortel, maar een stelsel van korte verticale en horizontale hoofdwortels, waarbij de verticale wortels op geringe diepte eveneens in horizontale richting afbuigen. De diktes bedragen 1 à 2 cm. De hoofdmassa van de wortels gaat hier niet dieper dan 15 cm. In de bovenste 5 cm van de grond is weer een intensief stelsel van fijne wortels aanwezig. De planten vormen een zeer uitgebreid wortelstelsel. Uit de vergelijking van de stelsels van grotere met die van kleinere planten bleek dat de wortelstelsels van de eersten dieper en zwaarder waren ontwikkeld. De veronderstelling is gemaakt dat de kleinere planten één jaar oud en de grotere tenminste 2 jaar oud waren.

Bij F l u i t e k r u i d (fig. 6) werden op de hoge griend (profiel 1) en op de oeverwal van de rietgors (profiel 3) respectievelijk één taps toelopende penwortel en verscheidene hoofdwortels, waarvan er één wat zwaarder was ontwikkeld, aangetroffen. De penwortel, resp. de dikste hoofdwortel hadden een dikte van ca. 5 cm aan de wortelhals, de overige wortels een dikte van 1 à 2 cm. Zij drongen tot ca. 30 cm diepte in de bodem door. De hoofdwortels waren vertakt, waarbij de zijwortels van de plant in de griend alleen in de bovenste 7 cm stevig waren ontwikkeld en horizontaal verliepen. Dieper kwamen relatief weinig, dunne schuin omlaag gerichte zijwortels van de eerste orde voor. Van de planten op de oeverwal was het stelsel van zijwortels intensiever ontwikkeld en hoofdzakelijk verticaal gericht. Het Fluitekruid in de slecht ontwaterde greppel van een griend (profiel 2) vertoonde een wortelstelsel dat slechts 15 cm diep stak. Hieraan is een dunne penwortel te onderscheiden, die reeds op 5 cm diepte afboog in horizontale richting. De zijwortels drongen zowel horizontaal als

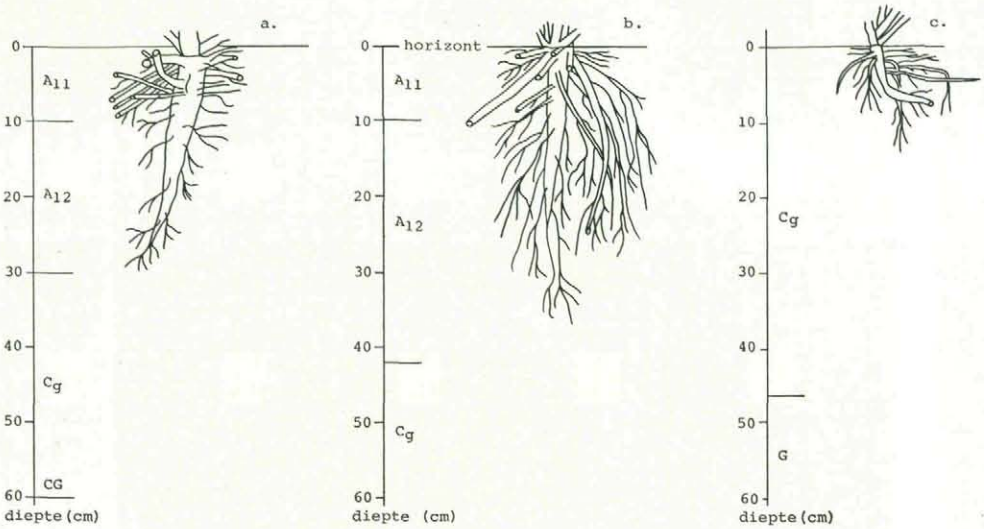


Fig. 6. *Wortelbeeld van Fluitekruid. a: duidelijk ontwikkelde penwortel op de akker van een hoge griend (profiel 1). b: verscheidene hoofdwortels, waarvan er één wat sterker is ontwikkeld, op de oeverwal van een rietgors (profiel 3). c: zwak ontwikkelde, ondiep afbuigende penwortel in de greppel van een lage griend (profiel 2).*

verticaal het profiel binnen. Op andere minder goed ontwaterde plaatsen werd geen Fluitekruid aangetroffen.

In vergelijking tot de Grote engelwortel zijn de hoofdwortels bij het Fluitekruid minder zwaar en tot geringere diepte ontwikkeld, hetgeen verklaarbaar is wanneer men bedenkt dat ook bovengronds het Fluitekruid minder fors is. De bewortelingsdiepten op zichzelf ontlopen elkaar echter niet en sluiten aan bij de beworteling van de totale plantenmassa.

Het H a r i g w i l g e r o o s j e (fig. 7) vormt geen penwortel, maar een stelsel van horizontale ondergrondse wortelstokken, waarop de hoofdwortels zijn ingeplant. Op de relatief goed ontwaterde oeverwal (profiel 3) drongen de wortels door tot ca. 60 cm diepte met een grootste intensiteit in de bovenste 40 cm. In de lage ruigte stak het wortelstelsel niet dieper dan 15 cm en verliepen niet alleen de wortelstokken horizontaal, maar ook de zijwortels. Het viel op dat de bewortelingsdiepte van het Harig wilgeroosje hier slechts 15 cm bedroeg, terwijl de overige planten de bodem tot ca. 67 cm diepte doorwortelden.

De G r o t e b r a n d n e t e l (fig. 8) wor-

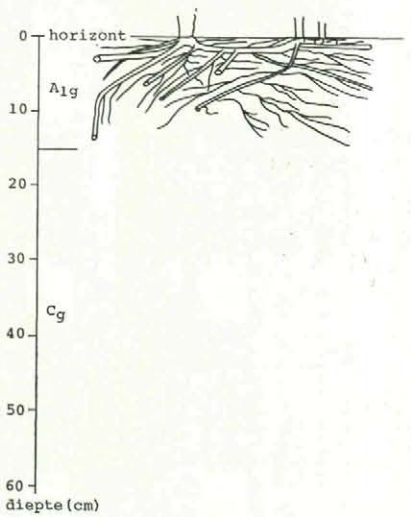


Fig. 7. *Wortelbeeld van Harig wilgeroosje in de kom van een lage ruigte (profiel 5).*

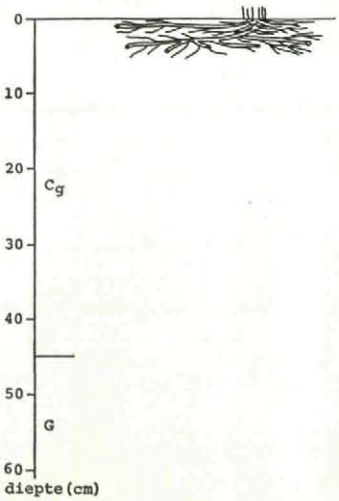


Fig. 8. *Wortelbeeld van Grote brandnetel in de greppel van een lage griend (profiel 2).*

telt hoofdzakelijk in de bovenste 5 centimeter van het profiel, ongeacht de groeiplaats. De planten zijn onderling verbonden door ca. 5 mm dikke uitlopers. Hieraan ontspringen de 1 mm dikke hoofdwortels, die een horizontaal verloop in de grond hebben. De hoofdwortels zijn vertakt in fijnere wortels. Volgens Kutschera (4: 178) stelt de Grote brandnetel hoge eisen wat betreft de doorluchting en de stikstof-voorziening. Deze zijn beide optimaal in de bovengrond en verklaren het gevonden bewortelingsbeeld in deze natte gronden.

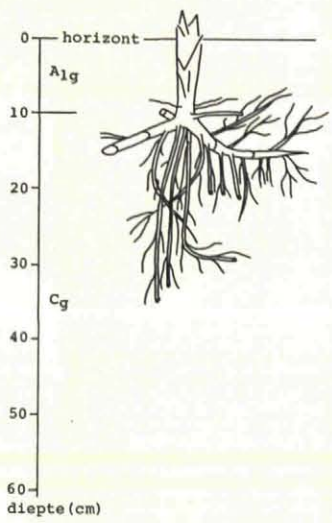


Fig. 9. *Wortelbeeld van Grote lisdodde in de kom van een rietgors (profiel 4).*

Van de onderzochte planten, die alleen op de relatief slecht ontwaterde plaatsen voorkomen, vormt de G r o t e l i s d o d d e (fig. 9) een stelsel van horizontaal verlopende wortelstokken tussen 10 en 20 cm diepte onder het maaiveld. Hiervan uitgaande dringen stevige hoofdwortels verticaal de grond in tot 30 à 40 cm diepte. Zij dringen niet door in de permanent gereduceerde zone en lijken zelfs 20 cm hierboven op te houden.

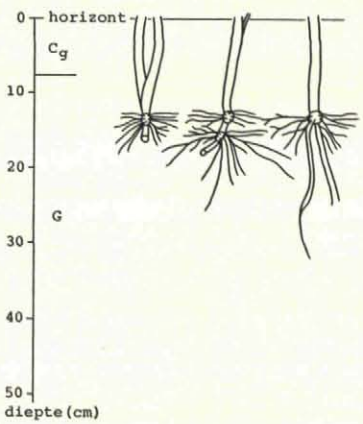


Fig. 10. *Wortelbeeld van Zeebies op een zandplaat (profiel 7).*

R i e t vormt een groot aantal horizontale en verticale wortelstokken van ca. 2 cm doorsnede, die tot minstens 1 meter diepte in de profielen 3 t/m 6 werden aangetroffen. De wortels lopen vanuit de knopen van de wortelstokken in verschillende richtingen, dieper in het profiel echter alleen verticaal. De beworteling verschilt in de gereduceerde zone niet van die in het geaëreerde gedeelte van het profiel. Het geschetste beeld stemt niet volledig overeen met Kutschera (4), die

een uitsluitend horizontaal verloop van de wortelstokken en een verticaal verloop van de wortels aangeeft.

Zeebies (fig. 10) heeft aan de voet van de stengel een wortelknol van waaruit de wortels de grond indringen. De knollen met een diameter van ca. 2 cm zijn onderling verbonden door wortelstokken van ca. 7½ mm doorsnede.

CONCLUSIES

De beworteling van de gehele plantenmassa met uitzondering van Riet en Zeebies speelt zich af in het geaëreerde gedeelte van het profiel, waarbij de ondergrens veelal reeds 20 cm boven de permanent gereduceerde zone wordt gevonden. Het blijkt dat niet alle planten dit gehele volume benutten.

Het bewortelingsgedrag van de onderzochte planten maakt aannemelijk, dat de daling van de grondwaterstand in het buitendijkse gedeelte van de Biesbosch na de afsluiting van het Haringvliet van invloed is op de aard en de diepte van de beworteling. De profielen die vroeger reeds goed waren ontwaterd, zoals de oeverwal van de rietgors (profiel 3) zullen geen sterke verandering te zien geven. In de voorheen minder goed en slecht ontwaterde profielen zal voor een aantal planten de diepte van de beworteling zijn vergroot. Voor de Grote brandnetel maakt de verandering kennelijk weinig verschil. Definitieve uitspraken vallen hieromtrent echter niet te doen, aangezien vrijwel geen informatie over de wortelgroei uit de tijd vóór de afsluiting beschikbaar is.

Samenvatting

Als gevolg van de afsluiting van het Haringvliet is het waterregiem in de Brabantse Biesbosch aanzienlijk veranderd. In het kader van de onderzoekingen naar de gevolgen hiervan voor de bodem en de vegetatie, is door de beide eerste schrijvers een onderzoek ingesteld naar de diepte en het beeld van de beworteling van een aantal planten in het buitendijkse gebied. Het bleek dat de beworteling van de meeste planten aan of reeds 20 cm boven de zone van permanente reductie ophoudt. Op grond van de waarnemingen wordt verondersteld dat het beeld van de beworteling aanzienlijke veranderingen ondergaat onder invloed van de ingetreden wijziging van de ontwateringstoestand van de bodem. In dit oriënterend onderzoek werden Grote engelwortel, Fluitekruid, Grote brandnetel, Harig wilgeroosje, Grote lisdodde, Riet en Zeebies betrokken.

Litteratuur:

1. Bokhorst, J. C., 1974. Bodemonderzoek in de Biesbosch. Intern rapport deltadienst afd. milieuonderzoek, 's Heer Arendskerke.
2. Boois, H. de, 1973. Problematiek rond vegetatiekundig onderzoek in de Biesbosch. Vakblad voor Biologen 53: 212-214.
3. Goedewaagen, M. A. J. & J. J. Schuurman, 1971. Methods for the investigation of root systems and roots. Pudoc, Wageningen.
4. Kutschera, L., 1960. Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen. DLG Verlag GMBH, Frankfurt am Main.
5 Steeghs, J. M. J. & A. Logtenberg, 1973. Bewortelingsonderzoek in de Brabantse Biesbosch. Intern rapport deltadienst afd. milieuonderzoek, 's Heer Arendskerke: 29 pp.
6. Thyssen, W., 1964. De Biesbosch wordt een andere wereld. Tijdsch. Kon. Ned. Heidemij 75: 182-190.
7. Zonneveld, I. S., 1960. De Brabantse Biesbosch. Een studie van bodem en vegetatie van een zoetwatergetijdendelta. Bodemk. Studies 4, Wageningen.
8. Zonneveld, I. S., 1970. De Biesbosch is dood. Leve de Biesbosch! Natuur en Landschap 4: 233-250.