

VERKENNENDE LITERATUURSTUDIE NAAR DE  
BEWORTELINGSDIEPTE VAN DE NEDERLANDSE FLORA

R. Beringen & J. Wiertz

Intern rapport

Rijksinstituut voor Natuurbeheer

Leersum

januari 1986

## I N H O U D

Voorwoord

Samenvatting

	pag.
1. Inleiding	1
2. Algemeen	4
2.1. Groei, ontwikkeling en bouw van de wortel	4
2.2. De opname van water en nutriënten door de wortel	6
3. Worteldiepte	9
3.1. Literatuur	9
3.2. Factoren die de worteldiepte kunnen beïnvloeden	15
3.3. De indeling van planten naar worteldiepte	19
4. Zijdelingse uitlopers en bewortelingstypen	23
5. Beworteling onder zuurstofarme condities	27
6. Mycorrhiza's	28
7. Literatuur	29
8. Bijlagen	
8.1. Soortenlijst met enkele voorlopige indicaties voor bewortelingsdiepte, worteltypen, luchtkanalen en mycorrhiza's	31
8.2. Frequentie van worteldiepten per vochtklasse en per UFK-groep	40
8.3. Frequentie van worteldiepten per freatofytklasse en per UFK-groep	44
8.4. Soortenlijst van zeldzame freatofyten met hun worteldiepten	48

## Samenvatting

Bij voorspellingen van de effecten van grondwaterstandswijzigingen op de vegetatie met het WAFLO-model is de worteldiepte een belangrijke factor, althans in geval van de vierde deelrelatie van het model: de vochtleverantieberekening. Daarom is nagegaan welke gegevens over de worteldiepte per soort te vinden waren. Gezien de beschikbare tijd (ca. 1 maand) is alleen gekeken naar publicaties die over veel soorten informatie bevatten. Verder literatuuronderzoek zal dus nog zinvol zijn. En passant zijn ook gegevens verzameld over de wortelvorm (m.n. uitlopervorming), luchtkanalen in de wortels en mycorrhiza's. Voor 570 soorten is een gegeven m.b.t. de worteldiepte gevonden, voor 530 soorten m.b.t. de wortelvorm, voor 91, resp. 34 soorten m.b.t. mycorrhiza's en luchtkanalen. Ca. 40% van de beschreven soorten wortelt ondieper dan 20 cm. De gegevens zijn bijgeschreven in een computerbestand waar reeds andere ecologische gegevens, zoals de Ellenberggetallen zijn opgenomen. Op grond van de nu verzamelde gegevens lijkt er geen duidelijke relatie te zijn tussen "natte" soorten en geringe worteldiepte en tussen "natte" soorten, geringe worteldiepte en zeldzaamheid. In Bijlage 8.4 is een selectie gegeven van de zeldzame freatofyten (UFK = 1t/m 5) met vermelding van hun worteldiepten. Deze lijst kan wellicht van nut zijn bij minder formele effectvoorspellingsmethoden.

## VOORWOORD

In het kader van het zgn. WAFLO-project (no. 202) is een verkennend literatuur onderzoek gedaan naar de gegevens over worteldiepte van de Nederlandse plantesoorten.

Het WAFLO-project heeft tot nog toe als één van de voornaamste resultaten een voorspellingsmodel opgeleverd voor de effecten van veranderingen van het grondwaterregiem op de soortensamenstelling van de vegetatie. Zowel in het WAFLO-project als in het zgn. SWNBL-project (no. 226) wordt nu gewerkt aan een verdere ontwikkeling van dit model. Een belangrijk gegeven daarbij is de (maximale) diepte die de plantewortel kan bereiken om nog vocht op te nemen.

In december 1985 is door R. Beringen (tijdelijk medewerker afdeling Adviezen en Algemeen Onderzoek) gewerkt aan deze literatuurstudie in samenwerking met J. Wiertz (projectleider, werkzaam op dezelfde afdeling).

## 1. INLEIDING

Op het Rijksinstituut voor Natuurbeheer wordt onderzoek gedaan naar modellen om de effecten van veranderingen in het waterregiem op de vegetatie te voorspellen. Dit gebeurt in het kader van twee projecten: no. 202 (het "WAFLO"-project) en 226 (het "SWNBL"-project). Met name voor het WAFLO-project is het van belang te weten hoe diep de wortellaag is waarover de vochtleverantie in een groeiseizoen berekend moet worden (zie Reynen & Wiertz 1984, Gremmen e.a. 1985). Tot nog toe is een vaste diepte van 30 cm aangehouden, die in de berekeningen voor landbouwkundige doeleinden meestal gebruikt wordt. Het leek daarom belangrijk na te gaan wat bekend is van de worteldiepten van alle Nederlandse planten, om zo mogelijk de voorspelling te nuanceren per soort of soortengroep al naar gelang hun (maximale) worteldiepte. De bedoeling is tot een indicatiecijferreeks voor worteldiepte te komen vergelijkbaar met de indicatiecijferreeksen van Ellenberg (1979) voor o.a. vocht en voedingsstoffen. Aangezien deze worteldiepte varieert per bodem-grondwater situatie zou voortsnog gewerkt kunnen worden met reductiefactoren in relatie tot de maximale bewortelbare diepte.

In met water verzadigde, anaerobe bodemlagen kunnen de meeste planten niet groeien. Een vrij groot aantal soorten kan dit evenwel toch dankzij luchtkanalen in hun wortels. Daarom is dergelijke informatie ook zoveel mogelijk verzameld.

Bij de voorspellingen van de te verdwijnen soorten in het huidige WAFLO-model wordt nog geen uitspraak gedaan over de termijn waarop soortengroepen verdwijnen. Voorts wordt met name in het SWNBL-project overwogen het model zo uit te breiden dat ook de nieuw te verwachten soortensamenstelling kan worden voorspeld. In verband met zowel de termijn van verdwijnen als de voorspelling van verschijnen zijn meer gedetailleerde autecologische gegevens noodzakelijk. Dit betreft o.a. het regeneratievermogen en uitbreidingsvermogen via wortelstokken, knollen, etc. Daarom zijn gegevens hierover in de voor worteldiepte verzamelde literatuur ook vastgelegd. En passant zijn zo ook enkele gegevens over mycorrhiza's verzameld.

De procedure om mogelijk relevante titels te selekteren is als volgt verlopen:

1. selectie van titels binnen de trefwoorden "wortelgroei, -ontwikkeling, -relaties water en grond, -zone, -morfologie" van het gezamenlijke (Pudoc) systeem "Agrilin" van de Wageningse bibliotheken;
2. selectie van titels binnen de trefwoorden: "root(s)" in het algemeen, in relatie tot taxonomie en klassifikatie, "root form", "root morphology" binnen BIOSIS;
3. selectie van titels binnen de literatuurlijsten van de voornamelijk ad 1 verzamelde publikaties.

De ad 2 vermelde selectie heeft weinig opgeleverd. Mogelijk hangt dit samen met het feit dat de laatste 10 à 20 jaar dit qua soortenspektrum breed opgezette, tijdrovende beschrijvende onderzoek door slechts een enkele onderzoeker (m.n. Kutchera) is gedaan.

Er is vooralsnog van afgezien om publicaties te raadplegen die mogelijk informatie geven over slechts één of enkele geslachten (b.v. de artikelen in de reeks "Biological Flora of the British Isles" verschijnend in Journal of Ecology).

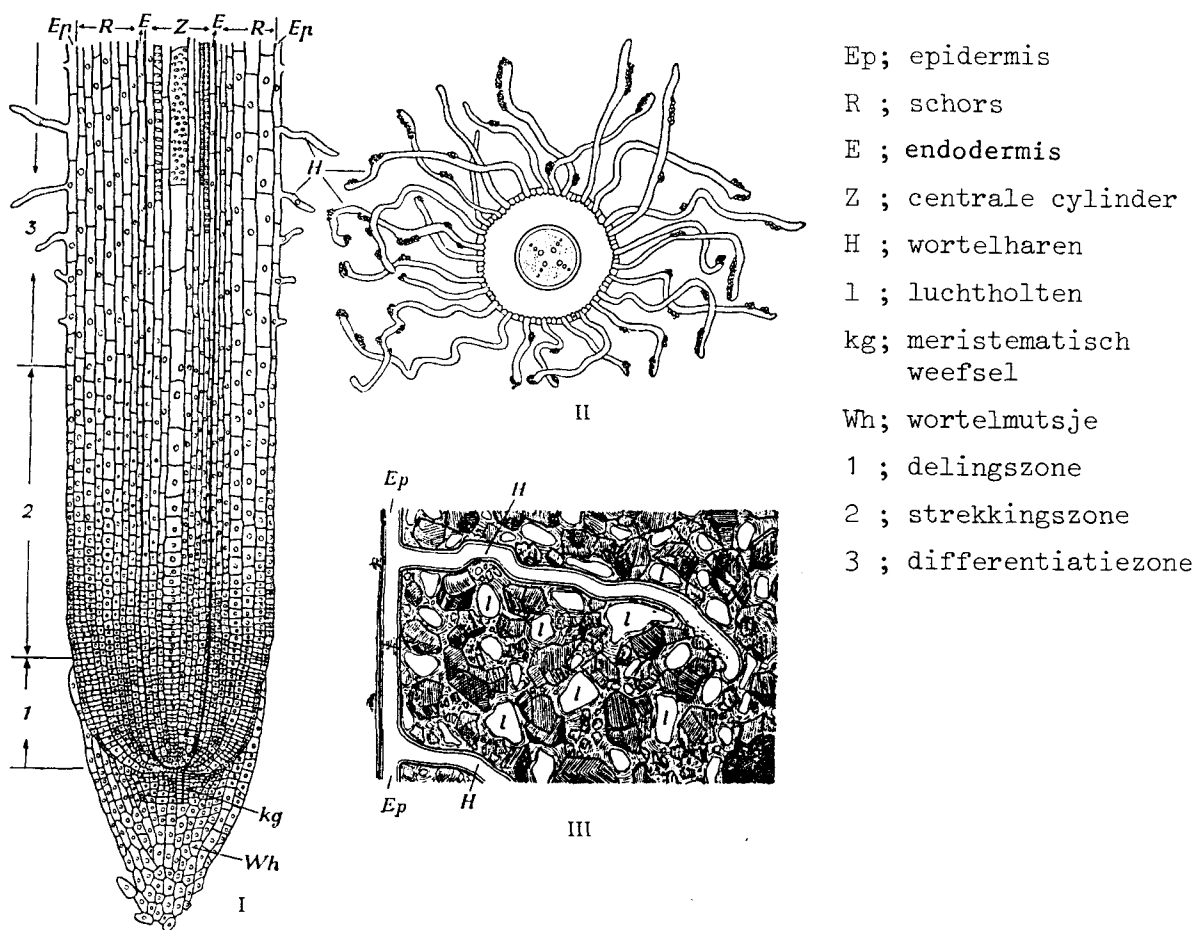


Fig. 1. uit Kutchera 1960

I overlangse doorsnede door jonge gerstewortel.

II dwarse doorsnede.

III wortelharen in de bodem

## 2. ALGEMEEN \*

### 2.1. Groei, ontwikkeling en bouw van de wortel

De belangrijkste processen die in de wortel plaatsvinden, zoals de groei en de opname van water en nutriënten, spelen zich vnl. af in een relatief klein gedeelte van het hele wortelstelsel, namelijk de worteltop (figuur 1).

Deze worteltop wordt beschermd door het wortelmutsje (calyptra). Vlak achter dit wortelmutsje worden er, door voortdurende deling van de cellen van het daar aanwezige meristematische weefsel, steeds nieuwe cellen gevormd. Het grootste deel van deze nieuw gevormde cellen is voorbestemd om de wortel te gaan vormen; een klein deel dient voor het in stand houden van het wortelmutsje.

Na de meristematische zone(1) volgt de strekkingszone(2). Door wateropname, waarbij grote vacuolen ontstaan, strekken de cellen zich; hoofdzakelijk in de lengterichting. In de strekkingszone vindt dus de eigenlijke wortelgroei plaats. De worteltop wordt door deze celstrekking als het ware de bodem ingedreven. Hierbij wordt de top beschermd door het wortelmutsje en de gang door de bodem wordt vergemakkelijkt doordat de buitenste cellen van het wortelmutsje verslijmen.

Na de strekkingszone volgt een differentiatiezone(3) waarin de cellen zich differentiëren en weefsels gaan vormen. De buitenste cellaag differentieert tot rhizodermis. Deze onderscheidt zich van een bovengrondse epidermis door het ontbreken van een cuticula. Door de dunne celwand van de rhizodermiscellen kan gemakkelijk water door de wortel worden opgenomen (of afgestaan). Ook gasuitwisseling, zuurstof opname en kooldioxide afgifte kan hier plaatsvinden. Huidmondjes zoals die bij een bovengrondse epidermis worden aangetroffen, zijn hier niet nodig en ontbreken dan ook. De oppervlakte waarover wateropname en gasuitwisseling kan plaatsvinden kan nog vergroot worden doordat sommige rhizodermiscellen uitstulpingen vormen, de z.g. wortelharen. Naast oppervlaktevergroting is een andere functie van de wortelharen de verankering

\* literatuur: Reinders Prakken 1964 en Kutchera 1960.



van de wortel in de bodem. Deze verankering is nodig omdat de worteltop zich bij zijn groei in de bodem nu als het ware tegen het met wortelharen in de bodem verankerde deel van de wortel kan "afzetten".

Meestal gaan de wortelharen en de hele rhizodermis na enige dagen ten gronde omdat er in de celwanden van de er binnengelegen buitenste schorscellen een suberine-(kurk-)laagje wordt afgezet. Deze cellaag met verkurkte celwanden wordt exodermis genoemd. Bij sommige planten, b.v. sommige steppengrassen, blijven de wortelharen echter wel over een grote lengte leven. De exodermis is over het algemeen niet erg doorlatend (er kunnen wel speciale doorlaatcellen aanwezig zijn), zodat watertransport van buiten naar binnen (en omgekeerd) minder intensief plaatsvindt. Ook de gasuitwisseling wordt beperkt.

Binnen de exodermis ligt de schors. Aan de binnenzijde wordt deze begrensd door de endodermis. De schors bestaat voornamelijk uit radiale rijen parenchymatische cellen (figuur 2). Deze rijen zijn ontstaan doordat één cellaag (de laag die zich later tot endodermis zal gaan ontwikkelen) door herhaalde celdeling (vorming tangentiale deelwandjes) in radiale richting cellen heeft afgegeven. Door het naar buiten toe uiteenwijken van die celrijen en/of door het ten gronde gaan van hele celgroepen ontstaan er in de schors vaak grote holten (figuur 2). Soms zijn van de schorscellen alleen wat celwanden overgebleven. Deze celwandresten vormen dan soms de enige verbinding tussen endodermis en exodermis. Dit komt vooral voor bij monocotylen. Deze holten kunnen via de intercellulair van stengel en blad met de buitenlucht in verbinding staan en aldus een bijdrage leveren aan de zuurstofvoorziening van de wortel. Het bezit van deze holten stelt sommige planten in staat in zuurstofarme of zelfs gereduceerde milieu's te wortelen. Riet en Lisdodde hebben van deze holten. Luchtholten komen echter ook voor bij planten van droge milieu's zoals steppengrassen.

De endodermis is de binnenste cellaag van de schors. Met uitzondering van de tangentiale wanden zijn alle celwanden van de endodermis verkurkt. In een "volgroeide" endodermis sluiten de cellen bovendien zo nauw aan één dat er geen intercellulaire holten

meer tussen de cellen zijn. Al het door de wortel opgenomen water, met de daarin opgeloste stoffen, moet dus het protoplasma van de endodermiscellen passeren om in de centrale cylinder te komen.

Het centrum van de wortel wordt gevormd door de centrale cylinder. Deze bestaat uit xyleem (houtvaten, watertransport), floeem (zeefvaten, assimilaten transport) en hier tussen merg parenchym.

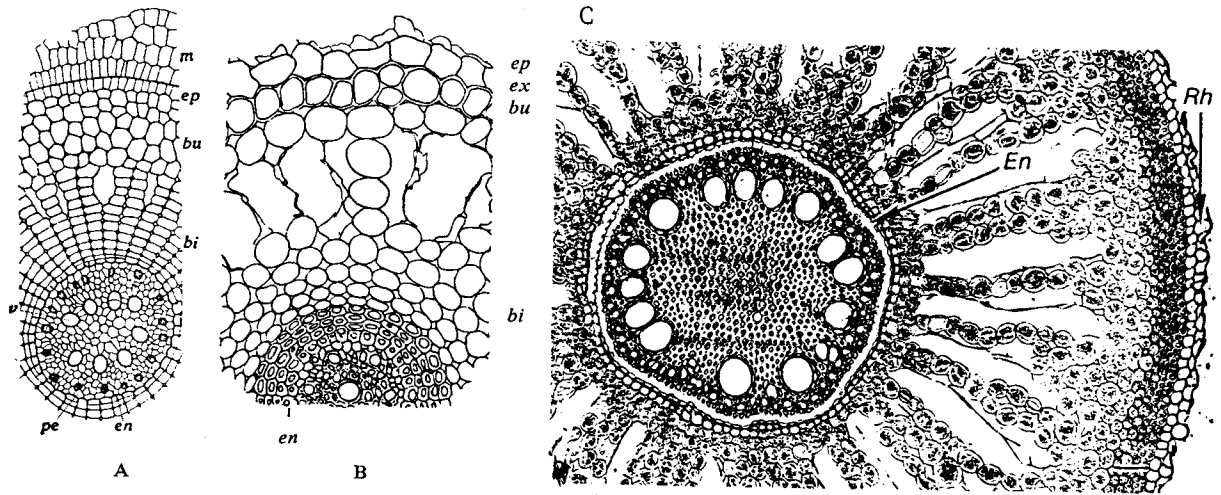
In de centrale cylinder van dicotylen ontstaat een cambium dat naar binnen en naar buiten door herhaalde celdelingen nieuwe cellen afzet. Bij monocotylen treedt deze secundaire diktegroei niet op.

## 2.2 De opname van water en nutriënten door de wortel

De opname van water met de daarin opgeloste nutriënten kan zowel passief als actief plaatsvinden.

De passieve opname van water uit het bodemmilieu is een onderdeel van wat wel de transpiratiestroom wordt genoemd. Door "verdamping" (transpiratie) aan de atmosfeer verliezen parenchym cellen in de bladeren water. Deze cellen krijgen hierdoor een hogere osmotische waarde en er ontstaat een zuigspanning waardoor water wordt aangezogen uit naburige cellen, die op hun beurt ook weer water aan hun buurcellen onttrekken. De zuigspanning plant zich via de xyleemvaten voort tot in de schorsparenchymcellen, de rhizodermis en de wortelharen. Door deze zuigspanning wordt er door deze cellen water opgenomen uit de bodem en uit de intercellulaire ruimten tussen de schorsparenchymcellen. De waterstroom met de in het water opgeloste stoffen komt na het passeren van de endodermis in de houtvaten van xyleem. Doordat de endodermis gepasseerd moet worden kunnen met de transpiratiestroom alleen die opgeloste stoffen meegevoerd worden waarvoor de celwanden permeabel zijn.

Sommige ionen worden door de de plant actief opgenomen. De wortel kan deze ionen tegen een concentratiegradiënt in opnemen. Wortelharen, rhizodermiscellen, wortelparenchymcellen en endodermiscellen nemen actief ionen uit het bodemvocht en uit het water in de intercellulaire holten op. Hierdoor stijgt de osmotische waarde van deze cellen en ook die van het water in de xyleemvaten. Dit heeft weer een zuigspanning tot gevolg waardoor water wordt



m; calyptra  
Rh/ep; epidermis (rhizodermis)  
ex; exodermis  
bu) schors  
bi) schors  
en; endodermis  
pe; pericykel

fig. 2. A Dwarse doorsnede door jonge wortel van krabbescheer.  
B Dwarse doorsnede door wortel Liesgras  
C Dwarse doorsnede door wortel Pijpestrootje  
A en B uit Reinders Prakken 1964 (naar Jancreweski (A)  
en Guttenberg (B)). C uit Kutchera 1982.

aangezogen uit de bodem naar de xyleemvaten.

Bij de actieve wateropname moet de hiervoor benodigde energie door de plant zelf geleverd worden. Bij passieve wateropname wordt de energie niet door de plant geleverd. De actieve opname van water en ionen vindt hoofdzakelijk plaats in de buurt van de worteltop, terwijl de passieve opname verder van de worteltop verwijderd plaatsvindt. Omdat dode wortels ook water transporteren, kunnen dode wortels voor wat betreft de passieve wateropname nog van betekenis zijn voor de plant.

### 3. WORTELDIEPTE

#### 3.1. Literatuur

De twee belangrijkste bronnen bij het opstellen van de worteldiepte klassen-indeling waren de beide "wortelatlassen" van Kutchera (1960,1982). De meeste andere bronnen zijn uit de uitgebreide literatuurlijsten in deze werken gehaald. Hieronder volgt een korte bespreking van de geraadpleegde literatuur over worteldiepten. De nummers voor de titels corresponderen met de posities 57 en 58 in de lijst.

01 Kutchera, L., 1960

planten: akkeronkruiden en cultuurgewassen.

vegetaties: akkers en ruderales vegetaties.

gebieden: zuid-oost en oost Oostenrijk.

werkwijze: Ten zuiden van goed ontwikkelde (vaak bloeiende) planten wordt een kuil gegraven. Het wortelstelsel wordt dan voorzichtig blootgelegd. Meerdere exemplaren van een soort (ook op verschillende standplaatsen) zijn vergeleken. Het wortelstelsel wordt opgemeten en vastgelegd (getekend en gefotografeerd)

informatie: afbeeldingen en beschrijvingen van wortelstelsels, maximale worteldiepte, zijdelingse uitbreiding en ontwikkeling van het wortelstelsel, beschrijving van het bijbehorende bodemprofiel.

bruikbaarheid: Over het algemeen uit het oogpunt van natuurbeheer niet zulke interessante soorten. Wel zeer gedetailleerde informatie, die echter wel verzameld is onder omstandigheden die afwijken van de Nederlandse situatie. De meeste planten die onderzocht zijn groeiden op diep humeuze bodems in een continentaal klimaat ("Schwarz- und Braunerden"), zodat de beworteling waarschijnlijk dieper is dan in Nederland.

02 Kutchera, L., 1982

planten: monocotylen (Cyperaceae, Juncaceae, Liliaceae, Poaceae, Orchidaceae)

vegetaties: allerlei graslanden

gebieden: Hoofdzakelijk Oostenrijk. Enkele planten zijn in Nederland (Amsterdam, Haamstede, Wijlre), Denemarken (Röm) en Duitsland (Kleef, Sleeswijk Holstein) uitgegraven.

werkwijze: zie Kutchera 1960

informatie: zie Kutchera 1960. Bovendien worden de wortelstelsels nu ingedeeld naar worteldiepte, naar vorm en naar bewortelingsdichtheid. De indeling voor worteldiepte is: flach, mitteltief, tief en sehr tief. Er wordt echter nergens aangegeven met welke diepten in centimeters deze indeling overeenkomt. Ook uitgebreide informatie over wortelanatomie.

bruikbaarheid: Veel soorten die ook in Nederland in natuurlijke vegetaties voorkomen. Veel informatie maar ook hier is veel van die informatie verzameld onder klimaat- en bodemomstandigheden die veel afwijken van de Nederlandse situatie.

03 Ellenberg, H. 1952

planten: 363 graslandplanten

vegetaties: graslanden

gebied: midden Europa

werkwijze: Literatuur onderzoek (Linkola 1936, Bauman 1951, Klapp 1943) en eigen waarnemingen.

informatie: Informatie over groeivorm, bloeitijd, voortplanting, standplaatseisen (Ellenberggetallen), worteldiepte etc. Alles in één lange overzichtstabel. Voor worteldiepte wordt de volgende schaal gebruikt.

1 oppervlakkig wortelend (in graslanden nauwelijks dieper dan 10 cm).

2 vlak wortelend (i.h.a. niet dieper dan 20 cm)

3 middeldiep wortelend (tot ongeveer 50 cm)

4 diep wortelend (vaak tot ongeveer 100 cm)

5 "Untergrundwurzler" (vaak dieper dan 100 cm)

onzekere opgaven zijn cursief gedrukt.

04 Ellenberg, H., 1939

planten: kruidachtige bosplanten

vegetaties: vochtige beukeneikenbossen

gebied: noord-west Duitsland

werkwijze: Uitgraven van planten? Niet duidelijk omschreven

informatie: Enkele onduidelijke foto's van uitgegraven geperste planten met de wortels tegen een achtergrond van papier. Op een van de vegetatie-tabellen staat achter elke soort een aanduiding voor de worteldiepte. De gebruikte aanduidingen zijn:

f: weinig wortels dieper dan 5 cm.

m: meeste wortels tussen 5 en 15 cm.

t: veel wortels dieper dan 15 cm.

bruikbaarheid: Gegevens over praktisch alle bosplanten uit een wat betreft bodem en klimaat met Nederland te vergelijken gebied. De gebruikte indeling is echter gebaseerd op de diepten waartussen de meeste wortels voorkomen en zegt niet zoveel over de maximale bewortelingsdiepte.

05 Metsävainio, K., 1931

planten: kruidachtige moerasplanten

vegetaties: voornamelijk veenmoerassen

gebied: Noord-Finland

werkwijze: Literatuuronderzoek. Uitgraven, opmeten en tekenen van wortelsystemen van planten uit verschillende proefvlakken.

informatie: Opgaven van maximale worteldiepten in verschillende proefvlakken. Morfologische beschrijvingen van wortelstelsels en tekeningen (niet voor iedere soort). Opgaven over het voorkomen van wortelharen, mycorrhiza's en luchtholten.

bruikbaarheid: Veel informatie over voor het merendeel ook in Nederland groeiende soorten. De groeiomstandigheden wijken wel erg af van de Nederlandse.

06 Anderson, V.L., 1927

planten: kruiden (42 soorten)

vegetaties: kalkgraslanden

gebied: Zuid-Engeland

werkwijze: Niet precies vermeld. Meerdere exemplaren per soort

zijn onderzocht.

informatie: Opgaven van maximale worteldiepten, diepte waarop haarwortels voorkomen, aan- of afwezigheid van mycorrhiza's. Morfologische beschrijvingen en tekeningen van wortelstelsel. Indeling naar worteldiepten in drie klassen:

A: wortels gewoonlijk beperkt tot de bovenste 6 inch.

B: wortels eindigend van 6 inch tot 15 inch.

C: wortels eindigend meer dan 15 inch diep.

bruikbaarheid: Voor het merendeel ook in Nederland inheemse soorten. De ondiepe kalksteen ondergrond (op  $\pm$  25 cm "solid chalk") zorgt wel voor een ondiepe beworteling, zodat de opgegeven worteldiepten voor de gemiddelde Nederlandse situatie te ondiep zijn.

07 Heath, G.H. en L.C. Luckwell, 1938.

planten: heideplanten (17 soorten)

vegetaties: heiden in hoogveengebieden.

gebied: Somerset (zuid Engeland)

werkwijze: Van iedere soort zijn 6 tot 12 exemplaren onderzocht. Kleine planten zijn uitgestoken en in een laboratorium uitgespoeld. Bij grotere planten werd een profielkuil gegraven. De wortelstelsels zijn opgemeten en getekend.

informatie: Opgaven van maximale worteldiepten, voorkomen van haarwortels en mycorrhiza's. Morfologische beschrijvingen van wortels en tekeningen.

bruikbaarheid: Soorten die ook in Nederland in heidevegetaties voorkomen. Het klimaat is echter atlantischer. De bodem, hoogveen met rots in de ondergrond, is anders dan in Nederland.

08 Fukarek, F., 1961.

planten: allerlei kruiden

vegetaties: allerlei vegetaties

gebied: Oostzeekust Oost Duitsland.

werkwijze: In de meeste door Fukarek behandelde vegetatietypen zijn kuilen gegraven van 1 meter bij 1,5 (-2) meter en tot 3 meter diep. Vanuit deze kuil zijn de wortels van de verschillende soorten blootgelegd.



informatie: De op ware grootte gemaakte tekeningen van de wortelprofielen zijn verkleind weergegeven.

bruikbaarheid: De informatie over bewortelingsdiepten in centimeters staat meestal niet opgegeven in dit werk, maar moet uit de tekeningen worden afgelezen. Dit is vrij onnauwkeurig.

09 Volk, 1930/31.

planten: kruiden (43 soorten)

vegetaties: stuifzanden.

gebied: Rijndal ten noorden van Karlsruhe (zuid Duitsland).

werkwijze: De planten zijn uitgegraven en hun wortelstel blootgelegd. Van iedere soort zijn tussen de 10 en 15 exemplaren onderzocht.

informatie: De planten worden wat worteldiepte betreft in drie groepen ingedeeld:

1. planten die hoogstens 20 cm diep worden
2. planten die 20 tot 60 cm diep worden
3. planten die dieper dan 60 cm wortelen

Van iedere onderzochte soort wordt de spreiding in de worteldiepte en de gemiddelde worteldiepte gegeven. Verder zijn er enkele tekeningen van wortelstelsels.

bruikbaarheid: De meeste planten zijn ook in Nederland inheems en groeien ook hier op droge graslanden. De bodems zijn goed doorwortelbaar en hebben geen mechanische barrières voor wortelgroei. Het klimaat is wat droger (regenschaduw Vogezen) en warmer dan in Nederland.

10 Muller Stoll, W.R. 1935

planten: xerotherme planten (29 soorten).

vegetaties: droge graslanden op kalksteen en op löss.

gebied: Kraichgau, zuid-west Duitsland.

werkwijze: niet vermeld

informatie: De planten worden ingedeeld in drie categorieën:

1. planten met een worteldiepte van minder dan 20 cm
2. planten met een worteldiepte tot 60 cm
3. planten die dieper dan 60 cm wortelen (en die tot in de kalkrotsen doordringen)

Spreiding in worteldiepte en de gemiddelde worteldiepte zijn aangegeven.

bruikbaarheid: Van de onderzochte soorten komen de meeste wel in Nederland voor doch zijn vrij zeldzaam. Door de ondiepe kalkrotsen (beginnend op 30 cm) zijn een deel van de worteldiepten niet van toepassing op de Nederlandse situatie.

11 Barkman, J.J., 1958.

planten: 42 overwegend mediterrane soorten

vegetatie: maquis, Rosmarineto-Lithospermetum Helianthemetosum

gebied: Zuid-Frankrijk (Bas Languedoc)

werkwijze: De planten zijn uitgegraven, de maximale diepte van de wortels was vaak niet te achterhalen door de rotsachtige bodem. Soms is de lengte daarom geschat.

informatie: In een schema staat per soort aangegeven waar wortels en zijwortels voorkomen. Een indeling naar worteldiepten is niet gemaakt, wel een indeling naar bewortelingstype. Er zijn 8 bewortelingstypen onderscheiden. Verder zijn er foto's en tekeningen van planten met hun wortelstelsels.

bruikbaarheid: Slechts enkele soorten komen ook in Nederland voor. Bodem en klimaat wijken sterk af van de gemiddelde Nederlandse situatie.

12 Steeghs, J. en A. Logtenbergh 1973.

planten: riet, rietgras, lisdodde, fluitekruid, aartsengelwortel, brandnetel, harig wilgeroosje en zeebies.

vegetaties: grienden, ruigten en rietlanden.

gebied: Biesbosch.

werkwijze: Er zijn profielkuilen gegraven en met het spijkerbord (zie Schuurman 1971) zijn wortelstelsel geïsoleerd. De wortelstelsels zijn gefotografeerd en getekend. Van iedere soort zijn meerdere exemplaren onderzocht.

informatie: De beworteling van de verschillende soorten wordt weergegeven in samenhang met het bodemprofiel

bruikbaarheid: Het enige onderzoek in Nederland (dat gevonden is). De spijkerbord methode is onnauwkeuriger dan uitgraven doordat veel wortels doorgestoken worden.

13 Oberdorfer, E., 1979.

In de "Excurionsflora" van Oberdorfer worden af en toe globale worteldiepten in centimeters opgegeven. Deze opgaven zijn niet ontleend aan eigen onderzoek maar zijn afkomstig uit literatuur. Aangezien deze literatuur naar alle waarschijnlijkheid voor een groot deel overeenkomt met de hierboven behandelde literatuur (Kutchera 1962 is zeker door Oberdorfer geraadpleegd) zijn de opgaven van Oberdorfer alleen gebruikt als er voor de betreffende soorten geen andere opgaven waren.

14 Heilig, H., 1930/31.

Ook uit dit artikel zijn alleen opgaven van worteldiepten gebruikt als er geen andere opgaven waren. Waarschijnlijk zijn de planten bij dit onderzoek niet diep genoeg uitgegraven (Volk 1938).

15 Meisel, K. 1955.

Opgaven over worteldiepten uit dit werk worden door Kutchera (1960) vermeld. Aangezien deze opgaven afkomstig zijn uit een gebied dichtbij Nederland (Rijndal ten oosten van Venlo), is er bij de auteur niet 01 (Kutchera 1960) vermeldt maar 15.

### 3.2. Factoren die de worteldiepte kunnen beïnvloeden

Uit de literatuur bleek dat de worteldiepte van een plantensoort niet alleen een eigenschap of een kenmerk van die soort is maar in hoge mate ook bepaald wordt door verschillende omgevingsfactoren. De belangrijkste factoren worden hier kort besproken.

#### Temperatuur

De groei van wortels verloopt binnen bepaalde temperatuurgrenzen. Bij appelbomen bijvoorbeeld houdt de wortelgroei beneden  $4,5^{\circ} - 7^{\circ} \text{ C}$  en boven  $25^{\circ} - 30^{\circ} \text{ C}$  praktisch op. Hier tussenin bij  $\pm 18^{\circ} \text{ C}$  ligt de optimumtemperatuur waarbij de wortels het beste groeien (Kutchera 1960). In warmere klimaten zal de bodem warmer zijn en over een grotere diepte opgewarmd worden zodat de wortels (als

er voldoende vocht is en de maximumtemperatuur niet wordt overschreden) diep in de bodem nog kunnen doorgroeien. De grootste worteldiepten worden dan ook steeds in relatief warme gebieden waargenomen. Gebieden waar de z.g. "zwarte aarde" (Schwarzerden, tschernosems) voorkomen zijn hier voorbeelden van (Hongarije, Oekraïne, prairiegebied V.S.). Mede door de diepe beworteling hebben de bodems in deze gebieden een dikke humeuze bovengrond (die humus is voor een groot deel afkomstig van afgestorven wortels). De door Metsävainio (1931) opgegeven worteldiepten in Finland zijn over het algemeen veel minder diep dan die in zuidelijker streken van Europa. Van bosbomen in het noorden (Finland) is ook bekend dat deze extreem vlak wortelen ook al staan ze op goed doorwortelbare gronden (Volmuller 1972).

#### Water

Wortelgroei berust op celstrekking, d.w.z. volumetoename van jonge cellen achter de worteltop. Hiervoor moeten de cellen water opnemen. Ligt het vochtgehalte beneden een bepaalde waarde dan komt het groeiproces tot stilstand. Een te hoog vochtgehalte gaat vaak ten koste van een goede zuurstofvoorziening van de wortels (Goede-waagen 1941). Als de plant al het water uit de hangwaterzone bovenin het profiel moet betrekken dan kan de gemiddelde jaarlijkse regenval van invloed op de worteldiepte zijn. In Kutchera (1960) staan voorbeelden van stekelnoot en tarwe (figuur 3) waarbij - bij afnemende jaarlijkse neerslag - de worteldiepte afneemt en de zijdelingse wortelontwikkeling toeneemt. Vooral bij tarwe is dit duidelijk. Tarwe heeft een typisch monocotyl wortelstelsel. De primaire wortel verdwijnt snel en wordt vervangen door vele adventiefwortels die alle aan de stengelbasis ontspruiten en zo de bovenste bodemlagen intensief bewortelen. Als er minder neerslag valt, zal de bodem minder diep bevochtigd worden en de beworteling oppervlakkiger blijven, althans als er geen capillaire opstijging is.

In Volk (1938) evenwel worden voor negen dicotyle soorten diepere maximale worteldiepten bij een geringere jaarlijkse neerslag gevonden. Waarschijnlijk komt dit omdat bij deze dicotylen de wortelgroei hoofdzakelijk geconcentreerd is op de primaire wor-

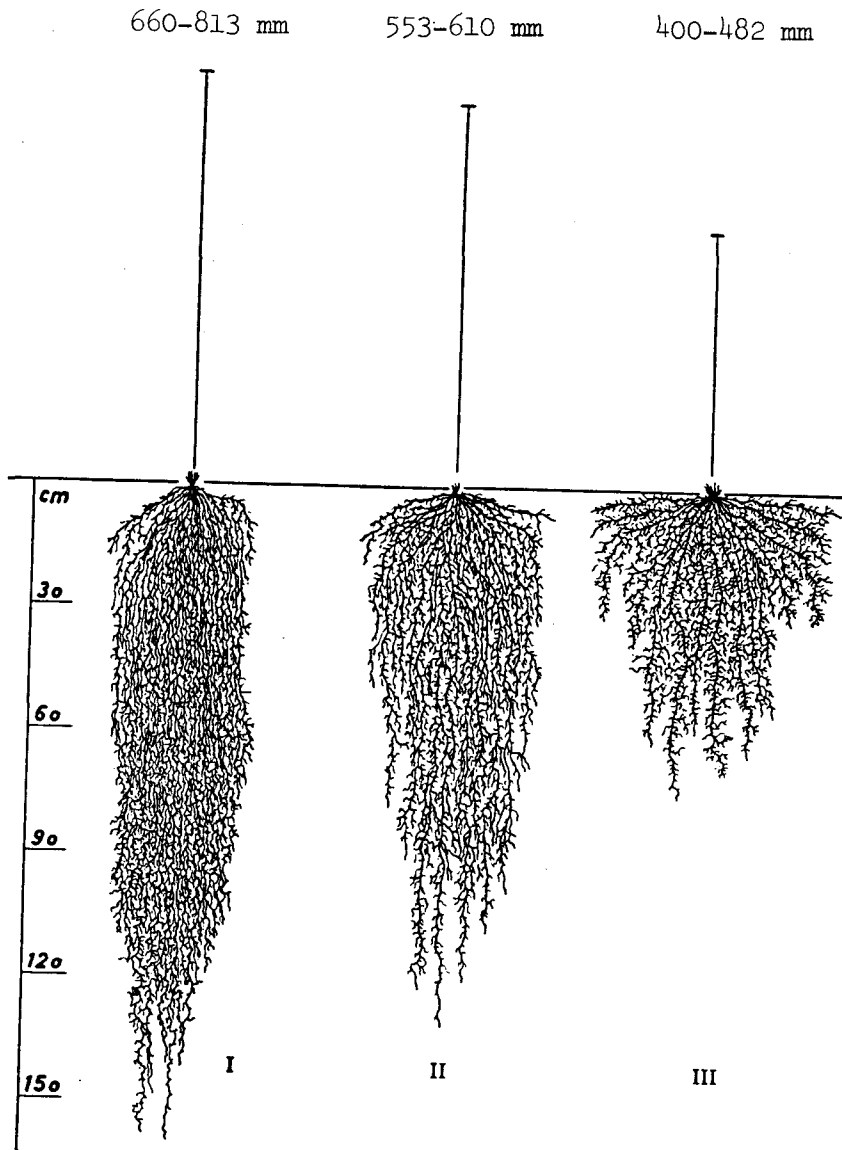


fig. 3. Uit Kutchera 1960. Wortelstelsel van tarwe bij verschillende jaarlijkse neerslag (naar Weaver)

tel (vaak een penwortel) die net zo diep de bodem indringt tot dat vochtiger lagen bereikt worden.

#### Zuurstof

Behalve warmte en vocht hebben wortels lucht nodig. Voor de actieve ionenopname (en de opname van water) is energie nodig. Die energie verkrijgt de wortel door verbranding van assimilaten en hiervoor is zuurstof nodig. Wortels groeien dan ook niet in een anaerobe omgeving of er moeten speciale weefsels aanwezig zijn waardoor lucht naar de wortels getransporteerd kan worden.

Bij hun onderzoek in de Biesbosch vonden Steeghs & Logtenberg (1973) dat de beworteling niet dieper ging dan de bovengrens van de gereduceerde zone, met uitzondering van de wortels van riet en zeebies. Niet alleen gereduceerde zones in een profiel worden gemeden door de wortels maar ook zone's waar de verbruikte zuurstof (door bodemfauna en wortels) niet snel genoeg meer aangevuld kan worden. Een slechte doorluchting van de ondergrond kan de dieptegroei van de wortels volledig belemmeren (Kutchera 1960).

#### Nutriënten

In het algemeen kan gesteld worden dat een goede voorziening met plantevoedende mineralen (stikstof en fosfaat als de belangrijkste) de ontwikkeling van het wortelstelsel ten goede komt. In de huidige landbouwkundige praktijk neemt het gewicht van het wortelstelsel bij toenemende bemesting echter eerder af dan toe (Van Noordwijk 1983). In meer natuurlijke omstandigheden vertonen wortels van jonge planten bij een slechte nutriëntenvoorziening aanvankelijk een sterkere lengtegroei dan wortels bij een goede nutriëntenvoorziening. Aanvankelijk probeert de jonge plant zolang hij nog reservestoffen heeft om een zo groot mogelijk bodemvolume te ontsluiten (Kutchera 1960).

Bevinden de plantevoedende mineralen zich diep in de bodem dan zullen planten dieper wortelen dan wanneer deze stoffen zich bovenin het bodemprofiel bevinden. Vruchtbare diepere lagen kunnen

echter niet ontsloten worden als de bovengrond niet genoeg nutriënten biedt voor een krachtige wortelontwikkeling naar beneden (Kutchera 1960).

Ellenberg (1939) heeft van enkele bosplanten bij verschillende pH's de wortelstelsels uitgegraven. Het bleek dat bij lagere pH's de beworteling ondieper werd. Volgens Kutchera (1960) is het niet zozeer de lage pH als wel het bij deze lage pH's vrijkomende Aluminium dat de wortelgroei remt. In aanwezigheid van Al wordt er nauwelijks nog Ca opgenomen. In bodems waar geen Al in voorkomt zoals bv. venen treden bij een lage pH geen schadelijke effecten op. Ca is onmisbaar voor de plant omdat een Ca verbinding een bouwsteen van de middenlamellen van de celwand is. Bij Ca-gebrek blijven de wortels kort (Kutchera 1960, vgl. echter ook Dimbleby 1952).

#### Mechanische barrières

Behalve anaerobe bodemlagen zijn er voor wortels ook andere bodemlagen waar ze moeilijk in door kunnen dringen. Bodemlagen die voor wortels niet of nauwelijks doordringbaar zijn, zijn b.v. rotslagen, ploegzolen, lagen spalterveen of oerbanken. De worteldiepten die Anderson (1927) opgeeft zijn in het algemeen ondieper dan die de andere auteurs opgeven voor diezelfde soorten. Dit hangt samen met de dicht aan de oppervlakte gelegen krijtrotten waar maar weinig wortels door de spleten in kunnen doordringen.

Sommige dicotylen zijn in staat verdichte bodemlagen te doorboren. Waarschijnlijk hangt dit samen met hun vermogen tot secundaire diktegroei. Uit de landbouw is bekend dat Luzerne en Lupine de eigenschap hebben ploegzolen volledig te doen verdwijnen (Goedewaagen 1941, Böhm 1974).

### 3.3. De indeling van planten naar worteldiepte

#### Klassenindeling

Er is gekozen voor een vijfdelige schaal. Deze komt ongeveer overeen met de schaal die Ellenberg (1952) hanteert en sluit verder redelijk goed aan bij de indelingen die andere auteurs gebruikt hebben:

		Kutchera 1982	Volk 1931	Muller Stoll 1935	Anderson 1927
1	wortels tot $\pm$ 10 cm	vlak	I	I	A
2	wortels tot 20(-30) cm	vlak	I/II	I	A
3	wortels tot 50(60) cm middel diep		II	II	B
4	wortels tot 100(-120) cm	diep	III	III	C
5	wortels veel dieper dan 100 cm zeer diep		III	III	

...? onzekere opgave

0 onbekend

#### Codering en notatie

Iedere literatuurbron wordt expliciet vermeld, omdat er op deze manier de minste informatie verloren gaat. Worteldiepten kunnen onder invloed van allerlei milieufactoren sterk variëren (zie 3.2.). Daarom in het toekennen van één worteldiepte-getal aan een soort op grond van één literatuuropgave vaak riskant. Had die bepaling onder andere bodemomstandigheden plaatsgevonden dan was er mogelijk een andere worteldiepte uitgerold.

Ook is het in deze verkennende studie minder verstandig om van alle literatuuropgaven alleen de grootste worteldiepte te vermelden. Dat is dan een soort potentieële maximale worteldiepte die in concrete situaties wellicht maar zelden voorkomt. Met de hier gevolgde opzet ontstaat er een beeld van de variatie in wortelingsdiepte en hoe die variatie samenhangt met milieufactoren als geografische ligging en landschapseenheid ("IPI"). De gebruiker van de lijst heeft nu de mogelijkheid om zelf te beslissen welke waarden hij/zij wil gebruiken.

Bij iedere opgave over worteldiepte die in de literatuur werd gevonden zijn de volgende gegevens in code achter de soortnaam genoteerd (zie lijst achterin):

- code voor worteldiepte (positie 50: 1,2,3,4,5, of 0, positie 51: ? of 0);
- code voor IPI (positie 53 t/m 55);
- code voor auteur (positie 57 en 58).



Worteldiepte

Steeds is de maximale worteldiepte die voor een plant onder bepaalde omstandigheden is opgegeven omgezet in de code voor worteldiepte. Als er van een soort literatuuropgaven waren van meerdere auteurs dan zijn deze allemaal vermeld. Als een onzekere opgave van Ellenberg (1952) bevestigd werd door andere literatuuropgaven dan is deze onzekere opgave weggelaten. Ook opgaven uit Oberdorfer zijn niet vermeld als er opgaven waren van andere auteurs die overeenkwamen met die van Oberdorfer. "Unsichere Aufgaben" uit Ellenberg (1952) zijn voorzien van een vraagteken. Ook bosplanten die volgens Ellenberg (1939) vlak wortelen (meeste wortels tussen 0 en 5 cm) zijn met 1 ? in de lijst vermeld, omdat het niet zeker is of hun maximale worteldiepte toch niet groter is dan 10 cm.

IPI

IPI staat voor interprovinciale inventarisatie eenheid. Dit is een indeling van landschapelementen (graslanden, bossen, duinen, etc.) opgesteld door de I.A.W.M. (1985). Als er bij de literatuuropgaven over worteldiepten vermeld was in wat voor soort vegetatie die worteldiepte bepaald was, dan is getracht die vegetatie in een IPI onder te brengen. Nu is de indeling in IPI's een landelijk systeem toegespitst op de Nederlandse situatie, zodat buitenlandse vegetaties er eigenlijk niet mee beschreven kunnen worden. Dit is echter toch geprobeerd. Was het echt niet mogelijk, b.v. bij alpine vegetaties en bosvenen, dan zijn er geen IPI's vermeld. Ook bij de opgaven van Ellenberg (1952) zijn geen IPI's vermeld; het betreft hier waarschijnlijk wel worteldiepten bepaald in graslanden.

Veel gebruikte IPI's zijn:

- 124        gemengd loof-/naaldbos
- 131        droog relatief voedselarm loofbos
- 214        duingraslanden
- 231        droge heide
- 232        vochtige heide
- 241        kalkhellinggrasland
- 242        blauwgrasland

- 243      halfnatuurlijke vochtige tot natte graslanden op matig  
          voedselrijke gronden
- 244      heischraalgrasland
- 245      half natuurlijke droge graslanden op matig voedselrijke  
          gronden
- 246      zilte graslanden
- 250      hoogveen
- 260      laagveen
- 413      cultuurgrasland met natuurlijke inslag
- 420      akkers

Auteur

De code voor de auteurs komt overeen met de nummers voor de auteursnaam in 3.1. Deze code geeft dus meteen informatie over het gebied waarin de worteldiepten bepaald zijn, welke vegetaties het betreft, hoe de worteldiepten bepaald zijn en hoe bruikbaar de gegevens zijn. De code voor de auteur staat ook in de literatuurlijst vermeld.

#### 4. ZIJDELINGSE UITLOPERS EN BEWORTELINGSTYPEN

Om planten in te delen naar hun vermogen om zich zijdelings uit te breiden is er met behulp van literatuurstudie een indeling gemaakt. Gegevens zijn gehaald uit Kutchera 1960 en 1982, Metsävainio 1931, Ellenberg 1952, Heukels 1983, Reinders & Prakken 1964 en Licht 1982. Literatuur die in verband met de beschikbare tijd niet is geraadpleegd maar die wel informatie over uitlopers en bewortelings-typen kan verschaffen is o.a. Troll (1942/43, 1954, 1964) en Raunkiaer 1934. De planten zijn onderverdeeld in negen groepen. In de lijst achterin staat achter de soort op positie 60 tot welke groep de soort behoort. De negen groepen zijn:

- |                  |   |      |
|------------------|---|------|
| 1 uitlopers      | bovengronds                                 | lang |
| 2 uitlopers      | bovengronds                                 | kort |
| 3 uitlopers      | ondergronds                                 | lang |
| 4 uitlopers      | ondergronds                                 | kort |
| 5 geen uitlopers | bol   |      |
| 6 geen uitlopers | knol  |      |
| 7 geen uitlopers | alleen primaire wortel met zijwortels       |      |
| 8 geen uitlopers | één (-twee) jarig                           |      |
| 9 geen uitlopers | geen primaire wortel, wel adventief wortels |      |
| 0 onbekend       |   |      |

##### 1 Uitlopers bovengronds lang:

- stolonen; bovengrondse onbebladerde uitlopers die op de knopen jonge plantjes voortbrengen, zoals bv. bij: *Fragaria vesca*, *Hieracium pilosella*, *Potentilla reptans* en *Agrostis stolonifera*.
- liggende stengels, bebladerde stengels die over de bodem kruipen en op de knopen wortelen zoals bv. bij: *Glechoma hederacea*, *Lysimachia nummularia*, *Ajuga reptans* en *Vinca minor*.

##### 2 Uitlopers bovengronds kort; korte liggende stengels zoals bv.

- bij: *Valeriana dioica*, *Prunella vulgaris*, *Sedum spec*, en *Antennaria dioica*.

3 Uitlopers ondergronds lang:

- lange rhizomen; planten zonder primaire wortel, maar met een lange horizontale ondergrondse stengel waaruit adventiefwortels en bovengrondse spruiten ontspruiten, zoals bv. bij: *Carex arenaria*, e.v.a. *Carex spec.*, *Equisetum spec.*, *Anemone nemorosa*, *Pteridium aquilinum*, *Ammophila arenaria* en *Vaccinium myrtillus*.
- wortelopslag: planten met primaire wortels waarvan vertakkingen van die hoofdwortel naar boven groeien en spruiten gaan vormen, zoals bv. bij *Rumex acetosella*, *Cirsium arvense*, *Rorippa sylvestris*, *Sonchus arvensis* en *Rubus caesius*.

4 Uitlopers ondergronds kort; korte rhizomen of wortelopslag vlakbij.

Dit komt bijvoorbeeld voor bij planten waar de rhizomen verdikt zijn en voor voedselopslag dienen zoals: *Polygonatum multiflorum*, *Iris pseudacorus* en *Potentilla erecta*.

5 Geen uitlopers, bollen;

Onder bollen worden verstaan het samenstel van opgezwollen bladachtige organen ingeplant op de stengelvoet en die dienen als opslag voor reservevoedsel (zetmeel). Bollen komen bijna alleen voor onder de monocotylen bv. in de geslachten *Allium*, *Lilium*, *Leucojum*, *Narcissus*, *Ornithogalum*, *Galanthus* en *Muscari*.

6 Geen uitlopers, knollen;

Onder knol wordt de opgezwollen stengelbasis verstaan die dient als opslag van reserve voedsel gedurende de winter. In het voorjaar wordt de knol „leeggezogen“ door de zich ontwikkelende nieuwe spruit. Knollen worden bv. aangetroffen bij *Crocus spec.*, *Colchicum*, *Ranunculus bulbosus*, *Alepecurus bulbosus* en *Orchis spec.*

7. Geen uitlopers, alleen primaire wortel;

Bij deze planten blijft de kiemwortel bestaan en groeit uit. Bij monocotylen komt dit niet voor; de primaire wortel heeft daar een zeer kort bestaan. De primaire wortel kan een kegelvorm hebben; hij wordt dan penwortel genoemd. Veel Umbelliferae hebben een penwortel bv. *Anthriscus*, *Angelica*, *Daucus* en *Aegopodium*.

(Deze laatste vormt ook rhizomen en is daarom onder groep 3 geplaatst). Penwortels komen veel voor bij tweejarige planten. Bij overblijvende kruiden kan een penwortel een grote diepte bereiken b.v. *Eryngium* of door secundaire diktegroei een enorme dikte bereiken b.v. bij *Bryonia*.

De primaire wortel kan ook nog knolvormig verdikt zijn dit komt vooral voor bij 1 of 2-jarige cultuurgewassen zoals bieten en radijsjes. Vaak is dan ook een deel van het hypocotyl opgezwollen. Bij de wilde flora schijnt dit niet vaak voor te komen; Licht (1982) noemt als voorbeeld *Euphorbia palustris*.

8 Geen uitlopers, éénjarig.

De dicotylen uit deze groep hebben vaak dunne primaire wortels. Monocotylen hebben adventief wortels die aan de stengelbasis ontspruiten.

9 Geen uitlopers, primaire wortel geheel of gedeeltelijk vervangen door adventief wortels;

Dit kunnen zowel monocotylen als dicotylen zijn. Als het monocotylen zijn dan zijn het planten zonder of met een zeer kort rhizoom. Deze planten vormen meestal pollen bv. *Corynephorus*, *Festuca arundinaceae*, *Molinia* of *Carex paniculata*. Als het dicotylen zijn dan kan het zijn dat ook hier van het primaire wortelstelsel niets meer over is. De planten hebben dan vaak een rechtopstaand (of schuin staand) kort rhizoom. Aan de bovenkant vormt dit rhizoom ieder jaar weer nieuwe spruiten en aan de onderkant sterven de oudere delen geleidelijk af. Voorbeelden zijn *Cicuta virosa*, *Succissa pratensis*, *Primula elatior*, *Plantago major* en *Solidago virgaurea*. Deze planten vormen vaak een rozet en zijn overblijvend. Bij dicotylen kan het ook voorkomen dat de primaire wortel functioneert naast de adventieve wortels die uit de stengelbasis zijn ontsproten. Allerlei overgangen zijn dus mogelijk. Primaire en adventieve wortels naast elkaar komen voor bij bv. *Erica tetralix* en *Calluna vulgaris* (Heath 1938).

Deze indeling is zeer globaal en voor aanvulling en verbetering vatbaar. Behalve de lengte van de uitlopers zijn ook de groeisnelheid (in horizontale richting) en de mate van vertakking van belang. Licht(1982) geeft een indeling waar hier wel rekening mee wordt gehouden. Hij noemt bij iedere groep echter maar een paar soorten.

De meeste soorten waarbij een 0 staat hebben geen uitlopers. Meestal was het hier niet duidelijk of het hier soorten met een primaire wortel betrof of soorten met een kort rhizoom.

Een éénduidige terminologie betreffende ondergrondse stengelvormen wordt er door de verschillende auteurs niet gehanteerd (Licht 1982). Waarschijnlijk wordt de verwarring nog vergroot door de variabiliteit binnen de soort. *Lolium perenne* bv. vormt in Nederland korte ondergrondse rhizomen maar groeit in continentalere gebieden in pollen (Kutchera 1982). *Galium verum* vormt in kalkgraslanden volgens Anderson(1927) een lange verticale primaire wortel, terwijl Fukarek (1961) vermeldt dat deze soort in duinvegetaties lange oppervlakkig verlopende rhizomen heeft. Een ander voorbeeld is *Calluna vulgaris*. Deze soort vormt volgens Heath (1938) naast een primair wortelstelsel een oppervlakkig netwerk van adventief wortels die ontspruiten aan de stengelbasis nadat deze door de zich ophopende humus begraven is. Metsävainio (1931) en Schubert (1960) vermelden dat deze soort in hoogveen vegetaties lange rhizoomachtige uitlopers vormt waarmee hij zich vegetatief kan vermeerderen.

## 5. BEWORTELING ONDER ZUURSTOFARME CONDITIES

Sommige planten bewortelen zuurstofarme of - loze bodemlagen. Dit is mogelijk door luchtholten in wortels of rhizomen. Dit wil echter niet altijd zeggen dat -omgekeerd- alle planten met wortels met luchtholten zuurstofarme bodemlagen kunnen bewortelen. In veel families zoals de Poaceae, de Cyperaceae en de Juncaceae komen luchtholten algemeen voor (Kutchera 1982). Lang niet alle soorten wortelen echter op hun natuurlijke standplaatsen onder zuurstofarme condities.

Alleen als in de literatuur duidelijk vermeldt stond dat soorten met hun wortels in het grondwater of in de gereduceerde zone konden doordringen is dat op positie 62 achter in de lijst met een 1 aangegeven. Dit overzicht is dus nog lang niet compleet; er zijn zeker meer soorten uit bovengenoemde en andere families die onder zuurstofloze of-arme condities kunnen wortelen.

Literatuurvermeldingen over dit onderwerp zijn gevonden in Metsävainio (1931), Steeghs en Logtenbergh (1975) en Kutchera (1960 en 1982).

## 6. MYCORRHIZA'S

Er is geen gericht literatuur onderzoek gedaan naar het optreden van mycorrhiza's. In de literatuur die voor de worteldiepten moest worden doorgenomen werden door sommige auteurs (Metsävainio 1931, Heath 1938, Kutchera 1960, 1982 en Anderson 1927) terloops wel mededelingen over mycorrhiza's gedaan. Verschillende malen wordt er gezegd dat er ergens in het schorsparenchym schimmelhyphen zijn waargenomen (Kutchera 1982, Anderson 1927). Dit soort informatie is niet verwerkt. Alleen als er duidelijk stond dat er mycorrhiza vorming optrad, m.a.w. dat er sprake was van symbiose, is dit in de lijst bij de betreffende soorten met een 1 op positie 64 aangegeven. Deze soorten hadden over het algemeen geen wortelharen. Stond er in de literatuur aangegeven dat mycorrhiza's ontbraken dan is dat op positie 64 aangegeven met een 2. Deze soorten beschikken wel altijd over wortelharen.

Ook wat het voorkomen van mycorrhiza's betreft kan de lijst nog aangevuld worden. Volgens Kutchera (1982) onderscheiden de Juncaceae zich van de Cyperaceae door het optreden van endotrophe mycorrhiza's, maar alleen voor *Juncus squarrosus* en *Juncus trifidus* wordt expliciet aangegeven dat er mycorrhiza's worden gevormd.

Alle Orchidaceae vormen, in ieder geval in hun jeugd, mycorrhiza's (Kutchera 1982).

Veel planten die mycorrhiza's vormen, hebben geen wortelharen (Metsävainio 1931, Heath 1938). Tot deze groep behoren o.a. veel Ericaceëen (*Vaccinium spec.*, *Oxycoccus*, *Andromeda*, *Erica*, *Calluna*), *Pyrola spec.*, *Empetrum*, *Linnaea*, *Narthecium*, *Parnassia* en *Cornus suecica*. De meeste van deze planten worden door Oberdorfer (1979) als "Humuszehrer", (Roh)humuswurzler en Humuskriecher aangeduid. Het is aannemelijk dat de wortels van deze planten (in ieder geval de wortels die mycorrhiza's vormen) alleen die lagen in het bodemprofiel doorwortelen waar ruwe humus, die door de schimmel afgebroken wordt, aanwezig is.



LITERATUUR \*)

- 06 Anderson, V.L. 1927. Studies of the vegetation of the English chalk. *Journal of Ecology* 15: 72-129.
- 11 Barkman, J.J. 1958. La structure du Rosmarineto-Lithospermetum helianthemetosum en Bas-Languedoc. *Blumea Suppl.* 4: 113-136.
- Baumann, J. 1951. Würzelausbildung der Grünlandpflanzen auf Grund von Untersuchungen im Westerried bei Langenau/Württ. Dipl. Hausarb. (Manuskript). Inst. f. Pflanzenbau, Hohenheim.
- Böhm, W. 1974. Würzelforschung und Landschaftsökologie. *Natur und Landschaft* 49, Heft 6: 158-161.
- Dimbleby, G.W. 1952. The root sap of birch on a podzol. *Plant and Soil* IV (2): 141-153.
- 04 Ellenberg, H. 1939. Über die Zusammensetzung, Standort und Sprossprodukten bodenfeuchter Eichen - und Buchen - Mischwaldgesellschaften Nord-west Deutschlands. *Mitt. Flor.-soziol. Arbeitsgem. in Niedersachsen* 5: 1-135.
- 03 Ellenberg, F. 1952. *Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie. Band II. Wiesen und Weiden und ihre standörtliche Bewertung.* Ulmer, Stuttgart.
- 08 Fukarek, F. 1961. *Die Vegetation des Darss und ihre Geschichte. Pflanzensoziologie* 12. Fischer Verlag, Jena. 321 p.
- Goedewaagen, M.A.J. 1941. De waterhuishouding van den grond en de wortelontwikkeling. *1 Landbouwkundig tijdschrift* 53: 118-146.
- Gremmen, N.J.M., M.J.S.M. Reijnen, J. Wiertz & G. van Wirdum 1985. Modelling for the effects of groundwater withdrawal on the species composition of the vegetation in the pleistocene areas of The Netherlands. *Annual Report 1984. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum*: 89-112.
- 07 Heath, G.H. & L.C. Luckwill 1938. The rooting systems of heath plants. *Journal of Ecology*: 331-352.
- 14 Heilig, H. 1930/1931. Untersuchungen über Klima, Boden und Pflanzenleben des Zentralkaiserstuhls. *Zeitschr. f. Bot.* 24: 225-279.
- Klapp, E. 1943. Über die Wurzelverbreitung der Grasnarbe bei verschiedener Nutzungsweise und Pflanzengesellschaft. *Pflanzenbau Leipzig* 19, 221.
- 01 Kutschera, L. von 1960. *Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen.* D.L.G.-Verlag, Frankfurt am Main.
- 02 Kutschera, L. von & E. Lichtenegger 1982. *Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen Bd. 1. Monocotylidoneae.* Fischer, Stuttgart.
- Licht, W. 1982. Zur Systematisierung unterirdischer Sprossachsen. In: *Wurzelökologie und ihre Nutzenanwendung.* ed. Böhm, W. von, L. Kutschera & E. Lichtenegger 1982.
- Linkola, K. & A. Türika 1936. Über Wurzelsystem und Wurzelausbreitung der Wiesenpflanzen. *Ann. Soc. Zool.-Bot. Fennicae Vanamo* 6 Helsinki.

\*) Een meer uitgebreide literatuurlijst is ter inzage bij J. Wiertz RIN, Leersum.

- 15 Meisel, K. 1955. Die Auswirkung der Grundwasserabsenkung auf die Ackerflächen und Grünlandgesellschaften im Gebiet Moers (Nieder-Rhein).
- 05 Metsavainio, K. 1931. Untersuchungen über das Wurzelsystem der Moorpflanzen. Ann Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo Vol. 1 nr. 1. 422 p.
- 10 Müller-Stoll, W.R. 1935. Ökologische Untersuchungen an Xerothermpflanzen des Kraichgaus. Zt.schr. f. Bot. 29: 161-253.
- Noordwijk, M. van 1983. Functional interpretation of root densities in the field for nutrient and water uptake. Böhm & Kutcherová (ed) Wurzelökologie und ihre Nutzenanwendung Proc. Int. Symp. Gumpenstein 1982. Bundesanstalt Gumpenstein Irdring: 207-226.
- 13 Oberdorfer, E. 1979. Pflanzensociologische Exkursionsflora. Stuttgart.
- Raunkiaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon, Oxford.
- Reinders, E. & R. Prakken 1964. Leerboek der Plantkunde. Scheltema & Holkema N.V. Amsterdam.
- Reijnen, M.J.S.M. & J. Wiertz 1984. Grondwater en vegetatie: een nieuw systeem voor kartering en effectenvoorspelling. Landschap 1 (4): 261-281.
- Schubert, R. 1960. Die Zwergstrauchreichen azidiphilen Pflanzengesellschaften Mitteldeutschlands. Pflanzensociol. 11.235 p.
- Schuurman, J.J. en M.A.J. Goedewaagen 1971. Methods for the investigation of rootsystems and roots. Pudoc, Wageningen.
- 12 Steeghs, J. & A. Logtenberg 1973. Bewortelingsonderzoek van de vegetatie in de Brabantse Biesbosch. Doct. script. Landbouwhogeschool Wageningen. Vakgroep bodemkunde en geologie.
- Troll, W. 1942/43. Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen I, 3. Berlin.
- Troll, W. 1954. Practische Einführung in die Pflanzenmorphologie. 1e Teil: der vegetatieve Aufbau.
- Troll, W. 1964. Die Infloreszenzen. 1e Band, Stuttgart.
- 09 Volk, O.H. 1930/1931. Beiträge zur Ökologie der Sandvegetation der Oberrheinischen Tiefebene. Ztschr. f. Bot. 24: 81-185.
- Volk, O.H. 1938. Untersuchungen über das Verhalten der osmotischen Werte von Pflanzen aus steppenartigen Gesellschaften und lichten Wäldern des mainfränkischen Trockengebietes. Ztschr. f. Bot: 65-149.
- Volmüller, J. 1972. Het wortelstelsel van de meest voorkomende bosbomen in Nederland op de verschillende gronden. Ingenieursscriptie Landbouwhogeschool Wageningen.

BIJLAGE 3.1

SOORTENLIJST MET INEKELI VOORLOPIGE INDICATIES VOOR BEWORTELINGSDIEPTE, WORTELTYPEN, LUCHTKANALEN EN MYCORRHIZA'S

In deze bijlage zijn voor 633 soorten een of meer indicatiecijfers toegeken. Uitgaande van een totaal aantal van ca 1500 Nederlandse soorten, is voor ca 30 % een getal voor de worteldiepte gevonden (570 soorten), idem voor de wortelvorm (531 soorten) en voor < 10 % een getal voor luchtkanalen (en wortelend in anaeroob milieu) en voor mycorrhiza's (resp. 34 en 91 soorten). In de hierna volgende soortenlijst is bij soorten waarvoor meer dan een literatuuropgave gevonden is een markering gebruikt met [ op positie 49 voor de tweede, derde, etc. opgave. Alleen de eerstgevonden waarde is ongemarkt gebleven en gebruikt voor de frequentie berekeningen t.b.v. de tabellen.

\*WORTELDIEPTE:

GEEN GEGEVENS	0	53	*****
> 10 CM	1	112	*****
- 20 CM	2	147	*****
- 50 CM	3	173	*****
-100 CM	4	101	*****
>100 CM	5	47	*****

\*UITLOPERS:

GEEN GEGEVENS	0	89	*****
BOVENGR.LAND	1	27	*****
.. KORT	2	5	*
ONDERGR.LAND	3	143	*****
.. KORT	4	48	*****
GEEN UITOPERS:			
BOL	5	7	*
KNOL	6	14	**
PRIM.WORTEL+UITL.	7	71	*****
1 OF 2 JARIG	8	154	*****
ADVENT.WORTELS	9	75	*****

\*LUCHTKANALEN IN WORTELS

EN GROEIEND IN GEREDUCEERD MILIEU:			
GEEN GEGEVENS	0	596	*****→
L.U.KAN+RED.ZONE	1	34	*****
?	?	3	*

\*MYCORRHIZA'S:

GEEN GEGEVENS	0	542	*****→
WEL MYCORRH.	1	52	*****
GEEN MYCORRH.	2	39	*****













NIGELARV	4	420	01	8			
ODONTV:L	1	246	08	8			
ODONTV:S	2		03	0			
GENANAGU	2?		03	0			
GENANFIS	3		03	3			
GENOTBIE	5	245	09	7			
ONOBRVIC	3	420	01	7			
ONOBRVIC	[3	241	06				
ONOBRVIC	[5		03				
ONONIREP	4		03	2			
ONONISPI	4		03	7			
ONONISPI	[4	241	06				
OPHRYAPI	1	241	06	6	1		
ORCHIMAS	1		03	6			
ORCHIMIL	1		03	6			
ORCHIMOR	[1		03				
ORCHIMOR	1	245	02	6			
ORIGAVUL	3	245	10	4			
ORIGAVUL	[2	241	06				
ORNITUMB	1	245	01	5			
OXALIACE	1	131	08	0			
OXYCOPAL	1	250	05	1	1		
PAPAURO	4	420	01	8			
PARISQUA	1	260	05	3	1		
PARNAPAL	[2		03				
PARNAPAL	1	260	05	9	1		
PASTISAT	4		03	7			
PASTISAT	[3	241	06				
PEDICPAL	[2		03				
PEDICPAL	1	260	05	8	1	2	
PEDICSYL	1	232	07	0			
PETROPRO	2	245	09	8			
PEUCECAR				7			
PEUCEPAL	2	260	05	7			
PHALAARU	[5		03				
PHALAARU	5		02	3			
PHEGOCON				3			
PHLEUARE	2	214	02	8			
PHLEUPRA	[2		03				
PHLEUPRA	3	245	02	9			
PHRAGAUS	[5	223	12				
PHRAGAUS	[4	246	08				
PHRAGAUS	[4	250	05				
PHRAGAUS	5	243	01	3	1	2	
PHRAGAUS	[5		03				
PHYTENIG	3		03	0			
PHYTESPI	3		03	0			
PICRIHIE	3		03	0			
PIMPIMAJ	3		03	7			
PIMPISAX	4	245	10	7			
PIMPISAX	[4	245	09				
PINGUVUL	1	260	03	9	2		
PLANTLAN	3	420	01	7	1		
PLANTLAN	[2	242	08				
PLANTLAN	[2		03				
PLANTLAN	[2	241	06				
PLANTMAJ	[4	420	01				
PLANTMAJ	2	420	01	9			
PLANTMAR	3	246	08	0			
PLANTMED	2	241	06	0			
PLANTMED	[2		03				
PLATABIF	1	260	05	6	1		
PLATABIF	[2		03				
POA ANN	2	420	01	8			
POA ANN	[1		03				
POA BUL	2	245	02	5			
POA BUL	[2	245	09				
POA CHA	3		03	9			
POA COM	3	245	02	3			
POA NEM	1?		04	9			
POA PAL	3	410	02	4			
POA PRA	4		01	3			
POA TRI	2	410	02	1			
POLYGAVI	[2		15				
POLYGAVI	3	420	01	8			
POLYGAFT	[5		13				
POLYGAFT	3	420	01	3	1		
POLYGAFT	[5		03				
POLYGBIS	4		03	3			
POLYGCOM	3?		03	0			
POLYGCON	[2		15				
POLYGCON	3	420	01	8			
POLYGHYD	4	420	01	8	1		
POLYGLAP	[2		15				
POLYGLAP	4	420	01	8			
POLYGMUL				4			
POLYGODO				4			
POLYGPER	3	420	01	8			
POLYGSER	1	232	07	7	1		
POLYGVUL	[1	242	08				
POLYGVUL	1	241	06	7	1		
POLYGVUL	[2		03				
PORTUO:O	2	420	01	8			
POTENANS				1			
POTENANS	[1	246	08				
POTENARG	4		03				
POTENERE	1	231	07	4	1		
POTENERE	[1	242	08				
POTENERE	[3		03				
POTENPAL	2	260	05	3	1	1	
POTENREP	[3		03				
POTENREP	2	241	06	1			
POTENSTE				1			
POTENVER	[2	241	11				
POTENVER	[4		03				
POTENVER	2	245	10	4			
PRIMUELA				9			
PRIMUVER	[2		03				
PRIMUVER	2	241	06	0			
PRUNEVUL	[2		03				
PRUNEVUL	2	124	05	2			
PTERIAQU	2	131	08	3			
PTERIAQU	[2		07				
PUCCIDIS	[1	246	8				
PUCCIDIS	3	246	02	4			
PULICDYS	3?		03	4			
PULSAVUL	[5		03				
PULSAVUL	4	245	09	3	1		
PULSAVUL	[1	241	06				
PYROLMIN	[2	250	05				

PYROLMIN	1	124	05	3	1	SCIRPMAR	2	223	12	3	1
PYROLROT	2	260	05	3	1	SCIRPMAR	[2	223	08		
RANUNACR	3		03	9		SCIRPRUF	1	246	08	4	
RANUNACR	[2	260	05			SCIRPSYL	5	243	02	3	
RANUNBUL	3		03	6		SCLERANN	2	420	01	8	
RANUNFIC	17		04	0		SCLERANN	[1		15		
RANUNFLA	27		03	1		SCLERPER	27		03	7	
RANUNFLA	[2	260	08			SCORZHUM	47		03	7	
RANUNLIN				3		SCORZHUM	[4	242	08		
RANUNREP	[2	260	05			SCUTEGAL	1	260	05	3	2
RANUNREP	[3		03			SEDUMACR	1	245	09	0	
RANUNREP	[2		15			SEDUMACR	[1		03		
RANUNREP	2	420	01	1		SEDUMREF	2	245	09	0	
RAPHARAP	5	420	01	8		SELINCAR	3?		03	7	
RESEDLTL	3	241	06	7	1	SENECADU-	2		03	8	
RESEDLUT	4	420	01	7		SENECERU	4?		03	3	
RHINAALE	3		03	8		SENECJAC	2		03	0	
RHINAANG	[1	242	08			SENECPAL	3?		03	4	
RHINAANG	3		03	8		SENECVUL	2	420	01	8	
RHINAMIN	[1	260	05			SERRATIN	2	242	08	0	
RHINAMIN	2?		03	8		SERRATIN	[3?		03		
RHYNCALB	1	260	05	4	2	SESELMON	4		13	7	
RHYNCFUS				3		SESLEALB	3	241	02	9	
RORIPAMP	3?		03	3		SETARPUM	3	420	01	8	
RORIPPAL	3	420	01	8		SETARVIR	3	420	01	8	
RORIPSYL	3	411	01	3		SHERAARV	1	420	01	8	
RUBUSCAE	5	420	01	3		SILAUSIL	5		03	7	
RUMEXACE	1	242	08	4		SILENDIO	[4		03		
RUMEXACE	[5		03			SILENDIO	3	411	01	7	
RUMEXACL	[3	245	09			SILENNOC	3	420	01	8	
RUMEXACL	4	420	01	3		SILENOTI-	3	245	09	7	
RUMEXCRI	5	243	01	7		SILENPRA	3	420	01	7	
RUMEXCRI	[5		03			SILENVUL	5	420	01	7	
RUMEXHYD	4?		03	7		SILENVUL	[4		03		
RUMEXOBT	5	420	01	7		SILENVUL	[4	241	06		
RUMEXOBT	[4		03			SINAPARV	4	420	01	8	
SAGINPRO	1	420	01	7		SIUM LAT				7	
SALSOKAL	[1	211	08			SOLANNIG	3	420	01	8	
SALSOKAL	3	420	01	8		SOLIDVIR	1	124	05	9	2
SALSOKAL	[2	245	09			SONCHARV	4	420	01	3	
SALVIPRA	5		03	0		SONCHASP	4	420	01	8	
SANGUMIN	[3		03			SONCHASP	[3		15		
SANGUMIN	4	241	06	7		SONCHOLE	[3		15		
SANGUOFF	4		03	4		SONCHOLE	4	420	01	8	
SANICEUR	2	132	14	9		SPARTANG	3	222	02	3	1
SATURACI	2		03	0		SPERGARV	[2	245	09		
SAXIFGRA	2		03	6		SPERGARV	3	420	01	8	
SAXIFTRI	[1	245	09			SPERGRUB	1	420	01	8	
SAXIFTRI	1	420	01	8		STACHANN	3	420	01	8	
SCABICOL	[4	241	06			STACHOFF	1		03	9	
SCABICOL	[3		03			STACHPAL	3	420	01	3	
SCABICOL	3	245	10	0		STELLGRA	2		03	3	
SCABICOL	[5		13			STELLHOL	17		04	3	
SCANDPEC	3	420	01	8		STELLMED	1	420	01	7	
SCHUPAL	2	250	05		1 2	STELLMED	[1		15		
SCHCENIG	3		03	9		STELLPAL	2		03	3	
SCIRPCES	2	232	07	9	1	SUCCIPRA	2	242	08	9	
SCIRPCES	[2	250	05			SUCCIPRA	[3		13		
SCIRPCRF	2	246	08	4		SUCCIPRA	[2		03		
SCIRPLAC	2	223	08	3		SYMPHOFF	[3		03		

SYMPHOFF	4	420	01	7					
TARAXOFF	[4		03						
TARAXOFF	4	411	01	7					
TEESDNUD	2	245	09	8					
TEUCRBOT	1	241	06	8					
TEUCRCHA	4	245	09	3					
TEUCRCHA	[3		10						
TEUCRCHA	[4		03						
TEUCRMON	5	245	09	0					
TEUCRSCO	2		03	2					
TEUCRSCO	17		04						
TEUCRSDN				4					
THALIFLA	2	242	08	3					
THALIFLA	[4?		03						
THELYPAL	1	260	08	3					
THLASARV	3	420	01	8					
THLASPER	2	420	01	8					
THYMUPUL	4		13	0					
THYMUSER-	[3		03						
THYMUSER-	[2		10						
THYMUSER-	[3	241	06						
THYMUSER-	4	245	09	3					
TRAGOPOR	4		03	0					
TRIENEUR	1	124	05	3	2				
TRIENEUR	[2	250	05						
TRIENEUR	[1	131	08						
TRIFOARV	3	420	01	8					
TRIFOARV	[2		03						
TRIFOAM	2		03	8					
TRIFODUB	2		03	8					
TRIFOM:H	2	411	01	7					
TRIFOINC	2	420	01	8					
TRIFOMED	4		03	7					
TRIFOPRA	[4		03						
TRIFOPRA	4	420	01	7					
TRIFOREP	3	411	01	1					
TRIFOREP	[1		03						
TRIGLMAR	3	246	02	9					
TRIGLMAR	[3	246	08						
TRIGLPAL	2	246	08	4					
TRIGLPAL	[2?		03						
TRISEFLA	3	245	02	9					
TRISEFLA	[3		03						
TUSSIFAR	4		13						
TYPHAANG				3	1				
TYPHALAT				3	1				
URTICDIO	[4		01						
URTICDIO	[1	263	12						
URTICDIO	1	161	12	3					
URTICDIO	[3		01						
URTICURE	3	411	01	8					
VACCAHIS	3	420	01	8					
VACCIMYR	[3	250	05						
VACCIMYR	2	121	08	3	1				
VACCIMYR	[2		07						
VACCIMYR	[1		04						
VACCIMYR	[2	124	05						
VACCIULI	2	250	05	3	1				
VACCIUIT	2	250	05	3	1				
VACCIUIT	[1	121	08						
VALERCAR	1	241	01	8					
VALERDIO	3?		03	3					
VALEROFF-	2		03	4					
VALERRIM	2	420	01	8					
VERBALYC	4?		03	0					
VERBATHA	2	241	06						1
VERBEOFF	3	420	01	7					
VERONAGR	1	420	01	8					
VERONARV	[1		01						
VERONARV	2	420	01	8					
VERONAUS	2?		03	0					
VERONCHA	2		03	3					
VERONHED	[1?		04						
VERONHED	2	420	01	8					
VERONMON	1?		04	0					
VERONOFF	[1?		04						
VERONOFF	2		03	1					
VERONPER	2	420	01	8					
VERONPOL	1	420	01	8					
VERONPRA	1	420	01	8					
VERONSER	[1		03						
VERONSER	2	420	01	1					
VERONTRI	1	420	01	8					
VERONVER	1	245	09						
VICIACRA	3?		03	3					
VICIACRA	[1	242	08						
VICIACRA	[3	411	01						
VICIAHIR	3	420	01	7					
VICIALAT	2	245	09	8					
VICIASAT	4	420	01	8					
VICIASEP	[1?		04						
VICIASEP	3		03	3					
VICIAJET	3	420	01	8					
VICIAVIL	3	420	01	8					
VICIAVIL	[4	420	01						
VINCAMIN				1					
VINCEHIR	3	245	10	0					
VIOLACAL				3					
VIOLACAN	2?		03	9					
VIOLACUR	2	214	08	9					
VIOLAHIR	[3		03						
VIOLAHIR	2	241	06	9					
VIOLAODO				1					
VIOLAPAL	1	260	05	3	2				
VIOLAPAL	[2		13						
VIOLAREI	1?		04	0					
VIOLATRI-	3	420	01	8					
VIOLATRI-	[1		15						

BIJLAGE 8.2

FREQUENTIE VAN WORTELDIEPTEN PER VOCHTKLASSE EN PER UFK-GROEP

De verwachting was dat "natte" soorten met een hoog vochtgetal vaak korte wortels hebben en dat deze soorten bij waterstandsdingen relatief kwetsbaar zijn en dus zeldzamer zijn geworden. Om een voorlopige indruk te krijgen van de juistheid van deze veronderstelling zijn een aantal tabellen gemaakt. Daarbij zijn op de horizontale as de wortelklassen uitgezet en op de verticale as de vochtgetallen van Ellenberg (Bijlage 8.2) resp. de freestofyten-indeling van Londo (Bijlage 8.3). Vervolgens is het aantal soorten gescoord voor de UFK-groep 1 t/m 9, 0, 1 t/m 5, en 6 t/m 9. Er is een tabel voor het aantal en voor het percentage.

Uit de percentage-tabel op p. 40 blijkt dat 41% van alle soorten wortelt tot 20 cm diepte (klasse 1 en 2); 7% wortelt dieper dan 100 cm. De verwachting dat natte soorten vaker korte wortels hebben lijkt niet te worden bevestigd. Ook t.a.v. de zeldzaamheid zijn vooralsnog geen opvallende trends te herkennen (vgl. p.41-43).

BIJLAGE 8.2 (vervolg)

FREQUENTIE VAN WORTELDIEPTEN PER VOCHTKLASSE EN PER UFK-GROEP

		FDIEP						
WOR		0	1	2	3	4	5	MARGIN
ELLEN	0	7	9	17	14	7	4	58
	1	0	2	0	0	0	1	3
	2	0	3	10	4	5	1	23
	3	1	7	11	19	11	9	58
	4	5	11	33	32	19	9	109
	5	14	13	17	23	12	5	92
	6	6	17	9	15	13	3	63
	7	3	9	9	11	5	8	45
	8	3	9	17	12	9	2	52
	9	7	12	13	15	9	1	57
	10	4	0	3	5	5	1	18
	11	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0
	13	3	15	8	20	3	3	55
MARGIN		53	112	147	173	101	47	633

AANTAL SOORTEN PER COMBINATIE VAN VOCHTGETAL VOLGENS ELLENBERG EN VAN WORTELDIEPTL

		FDIEPZ						
WOR		0	1	2	3	4	5	MARGIN
ELLEN	0	12	16	29	24	12	7	100
	1	0	37	0	0	0	33	100
	2	0	13	43	17	22	4	100
	3	2	12	19	33	19	16	100
	4	5	10	30	29	17	8	100
	5	15	20	18	23	13	5	100
	6	10	27	14	24	21	5	100
	7	7	20	20	24	11	13	100
	8	6	17	33	23	17	4	100
	9	12	21	23	24	16	2	100
	10	22	0	17	28	28	6	100
	11	*	*	*	*	*	*	*
	12	*	*	*	*	*	*	*
	13	5	27	15	34	11	5	100
MARGIN		8	18	23	27	16	7	100

PERCENTAGE VAN HET AANTAL SOORTEN MET EEN BEPAALDE WORTELDIEPTL PER VOCHTGETAL VOLGENS ELLENBERG

		FDIEP						
WOR	ELLEN	0	1	2	3	4	SMARGIN	
0	0	0	0	1	2	1	0	4
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	1	0	1
3	0	0	0	1	0	1	1	3
4	0	0	0	2	1	0	0	3
5	1	0	0	0	0	0	0	1
6	0	1	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	1	0	0	1
MARGIN		1	1	4	4	3	1	14

AANTAL SOORTEN PER COMBINATIE VAN VOCHTGETAL VOLGENS ELLENBERG EN VAN WORTELDIEPTE BEPERKT TOT SOORTEN MET UFK 1980 =0

		FDIEP%						
WOR	ELLEN	0	1	2	3	4	SMARGIN	
0	0	0	0	25	50	25	0	100
1	*	*	*	*	*	*	*	*
2	0	0	0	0	100	0	0	100
3	0	0	0	33	0	33	33	100
4	0	0	0	67	33	0	0	100
5	100	0	0	0	0	0	0	100
6	0	100	0	0	0	0	0	100
7	*	*	*	*	*	*	*	*
8	*	*	*	*	*	*	*	*
9	*	*	*	*	*	*	*	*
10	*	*	*	*	*	*	*	*
11	*	*	*	*	*	*	*	*
12	*	*	*	*	*	*	*	*
13	0	0	0	100	0	0	0	100
MARGIN		7	7	29	29	21	7	100

PERCENTAGE VAN HET AANTAL SOORTEN MET EEN BEPAALDE WORTELDIEPTE PER VOCHTGETAL VOLGENS ELLENBERG BEPERKT TOT SOORTEN MET UFK 1980 =0

		FDIEP						
WOR	0	1	2	3	4	SMARGIN		
ELLEN	0	5	4	1	6	2	1	19
	1	0	1	0	0	0	1	2
	2	0	2	5	2	3	1	13
	3	1	5	5	7	4	3	25
	4	2	5	16	13	1	2	39
	5	5	7	4	6	3	0	25
	6	3	4	2	4	1	0	14
	7	1	5	3	2	0	2	13
	8	1	5	4	1	2	0	13
	9	0	5	4	5	2	0	14
	10	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0
	13	2	2	2	3	0	0	9
MARGIN	20	45	46	49	18	10	188	

AANTAL SOORTEN PER COMBINATIE VAN VOCHTGETAL VOLGENS ELLENBERG EN VAN WORTELDIEPTI  
 BEPERKT TOT SOORTEN MET UKF 1980 =1 T/M 5

		FDIEPZ						
WOR	0	1	2	3	4	SMARGIN		
ELLEN	0	26	21	5	32	11	5	100
	1	0	50	0	0	0	50	100
	2	0	15	38	15	23	8	100
	3	4	20	20	28	14	12	100
	4	5	13	41	33	3	5	100
	5	20	28	16	24	12	0	100
	6	21	29	14	29	7	0	100
	7	8	38	23	15	0	15	100
	8	8	38	31	8	15	0	100
	9	0	31	25	31	13	0	100
	10	*	*	*	*	*	*	*
	11	*	*	*	*	*	*	*
	12	*	*	*	*	*	*	*
	13	22	22	22	33	0	0	100
MARGIN	11	24	24	24	10	5	100	

PERCENTAGE VAN HET AANTAL SOORTEN MET EEN BEPAALDE WORTELDIEPTI PER VOCHTGETAL VOLGENS ELLENBERG  
 BEPERKT TOT SOORTEN MET UKF 1980 =1 T/M 5

		FDIEP						
WOR	ELLEN	0	1	2	3	4	5	MARGIN
	0	1	1	3	1	1	1	8
	1	0	1	0	0	0	0	1
	2	0	1	4	2	2	0	9
	3	0	2	5	11	6	5	29
	4	2	5	14	18	15	7	61
	5	8	11	9	15	2	5	50
	6	2	11	5	9	9	0	34
	7	2	4	4	9	3	5	27
	8	2	3	11	9	6	1	32
	9	6	7	9	10	6	1	39
	10	4	0	3	4	4	0	15
	11	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0
	13	1	11	4	7	4	2	31
MARGIN		28	57	73	95	58	27	338

AANTAL SOORTEN PER COMBINATIE VAN VOCHTGETAL VOLGENS ELLENBERG EN VAN WORTELDIEPTE  
 BEPERKT TOT SOORTEN MET UF-K 1980 =6 T/M 9

		FDIEPZ						
WOR	ELLEN	0	1	2	3	4	5	MARGIN
	0	13	13	38	13	13	13	100
	1	0	100	0	0	0	0	100
	2	0	11	44	22	22	0	100
	3	0	7	17	38	21	17	100
	4	3	8	23	30	25	11	100
	5	14	22	18	30	4	10	100
	6	6	31	14	25	25	0	100
	7	7	15	15	33	11	19	100
	8	6	9	34	28	19	3	100
	9	15	18	23	24	15	3	100
	10	27	0	20	27	27	0	100
	11	*	*	*	*	*	*	*
	12	*	*	*	*	*	*	*
	13	3	35	19	23	13	4	100
MARGIN		8	17	22	28	17	8	100

PERCENTAGE VAN HET AANTAL SOORTEN MET EEN BEPAALDE WORTELDIEPTE PER VOCHTGETAL VOLGENS ELLENBERG  
 BEPERKT TOT SOORTEN MET UF-K 1980 =6 T/M 9



BIJLAGE 8.3

FREQUENTIE VAN WORTELDIEPTEN PER FREATOFYTENKLASSE EN PER UFK-GROEP

Dezelfde veronderstellingen als vermeld in Bijlage 3.2 waren aanleiding voor het maken tabellen met op de horizontale as de worteldiepten en op de verticale as de freatofyten-indeling. Ook deze tabellen lijken voornamelijk geen ondersteuning te geven de hypothese.

		FDIEP						
WOR		0	1	2	3	4	5MARGIN	
LONDO								
	H	0	0	0	0	0	0	0
	W	11	12	20	22	16	3	84
	F	7	13	9	6	5	2	42
	f	3	7	11	11	6	5	43
	G	1	6	6	2	1	1	17
	a	3	5	3	4	3	0	18
	A	24	57	73	106	61	30	351
	Z	1	6	0	5	0	0	12
MARGIN		50	106	122	156	92	41	567

AANTAL SOORTEN PER FREATOFYTENKLASSE VOLGENS LONDO EN VAN WORTELDIEPTE

		FDIEP%						
WOR		0	1	2	3	4	5MARGIN	
LONDO								
	H	*	*	*	*	*	*	*
	W	13	14	24	26	19	4	100
	F	17	31	21	14	12	5	100
	f	7	16	26	26	14	12	100
	G	6	35	35	12	6	6	100
	a	17	28	17	22	17	0	100
	A	7	16	21	30	17	9	100
	Z	8	50	0	42	0	0	100
MARGIN		9	19	22	28	16	7	100

PERCENTAGE VAN HET AANTAL SOORTEN MET EEN BEPAALDE WORTELDIEPTE PER FREATOFYTENKLASSE VOLGENS LONDO

		FDIEP						
WOR		0	1	2	3	4	SMARGIN	
LONDO								
H		0	0	0	0	0	0	0
W		0	0	0	0	0	0	0
F		0	0	0	0	0	0	0
f		0	0	0	0	0	0	0
G		0	0	0	0	0	0	0
a		0	0	0	0	0	0	0
A		1	0	4	3	1	0	9
Z		0	1	0	0	0	0	1
MARGIN		1	1	4	3	1	0	10

AANTAL SOORTEN PER FREATOFYTENKLASSE VOLGENS  
LONDO EN VAN WORTELDIEPTE  
BEPERKT TOT SOORTEN MET UFK 1980 =0

		FDIEPZ						
WOR		0	1	2	3	4	SMARGIN	
LONDO								
H		*	*	*	*	*	*	*
W		*	*	*	*	*	*	*
F		*	*	*	*	*	*	*
f		*	*	*	*	*	*	*
G		*	*	*	*	*	*	*
a		*	*	*	*	*	*	*
A		11	0	44	33	11	0	100
Z		0	100	0	0	0	0	100
MARGIN		10	10	40	30	10	0	100

PERCENTAGE VAN HET AANTAL SOORTEN MET EEN BEPAALDE  
WORTELDIEPTE PER FREATOFYTENKLASSE VOLGENS LONDO  
BEPERKT TOT SOORTEN MET UFK 1980 =0

		FDIEP						
WOR		0	1	2	3	4	SMARGIN	
LONDO								
H		0	0	0	0	0	0	0
W		1	6	7	7	3	1	25
F		5	6	3	2	0	1	17
f		2	3	1	2	1	1	10
G		0	3	3	0	0	0	6
a		0	2	1	2	1	0	6
A		12	27	29	33	10	6	112
Z		0	3	0	1	0	0	4
MARGIN		20	45	44	47	15	9	180

AANTAL SOORTEN PER FREATOFYTENKLASSE VOLGENS  
LONDO EN VAN WORTELDIEPTE  
BEPERKT TOT SOORTEN MET UFK 1980 =1 T/M 5

		FDIEP%						
WOR		0	1	2	3	4	SMARGIN	
LONDO								
H		*	*	*	*	*	*	*
W		4	24	28	28	12	4	100
F		29	35	18	12	0	6	100
f		20	30	10	20	10	10	100
G		0	50	50	0	0	0	100
a		0	33	17	33	17	0	100
A		11	20	26	29	9	5	100
Z		0	75	0	25	0	0	100
MARGIN		11	25	24	26	8	5	100

PERCENTAGE VAN HET AANTAL SOORTEN MET EEN BEPAALDE  
WORTELDIEPTE PER FREATOFYTENKLASSE VOLGENS LONDO  
BEPERKT TOT SOORTEN MET UFK 1980 =1 T/M 5

WOR	FDIEP					ΣMARGIN	
	0	1	2	3	4		
LONDO							
H	0	0	0	0	0	0	0
W	10	6	13	14	11	0	54
F	2	7	6	4	5	1	25
f	0	4	10	8	3	4	29
G	1	3	3	2	1	1	11
a	2	3	2	2	1	0	10
A	11	31	37	59	37	20	195
Z	1	3	0	4	0	0	8
MARGIN	27	57	71	93	58	26	332

AANTAL SOORTEN PER FREATOFYTENKLASSE VOLGENS LONDO EN VAN WORTELDIEPTE BEPERKT TOT SOORTEN MET UFK 1980 =5 T/M 9

WOR	FDIEP%					ΣMARGIN	
	0	1	2	3	4		
LONDO							
H	*	*	*	*	*	*	*
W	19	11	24	26	20	0	100
F	8	28	24	16	20	4	100
f	0	14	34	28	10	14	100
G	9	27	27	18	9	9	100
a	20	30	20	20	10	0	100
A	6	16	19	30	19	10	100
Z	13	38	0	50	0	0	100
MARGIN	8	17	21	28	17	8	100

PERCENTAGE VAN HET AANTAL SOORTEN MET EEN BEPAALDE WORTELDIEPTE PER FREATOFYTENKLASSE VOLGENS LONDO BEPERKT TOT SOORTEN MET UFK 1980 =5 T/M 9

BIJLAGE 8.4

SOORTENLIJST VAN ZELDZAME FREATOFYTEN MET HUN WORTELDIEPTEN

FREATOFYTEN																				
I																				
I DFK																				
I I																				
I I WORTELDIEPTE																				
I I I																				
DROSEANG	F	2	1	260	05	0	3					CAREXDIA	W	5	2	260	05	4	1	2
GENTIAMA	F	3	1	241	04	8						LYSIMTHY	W	5	2	260	05	3	1	
CENTAPUL	+F	4	1	420	01	8						MYOSOLAX	W	5	2		03	4		
DACTYJNC	F	4	1	260	05	6						CAREXDIO	W	2	3	250	05	4		1
CAREXPUL	F	4	1	242	08	4						CAREXBUX	W	2	3?		03			
LYSIMNEM	F	4	1?		04	1						LEUCOAES	W	3	3	243	02	5		
OXYCOPAL	F	5	1	250	05	1	1					CAREXHOS	W	4	3?		03	4		
HIEROODO	F	5	1	260	05	3	2					SCHOENIG	W	4	3		03	9		
PEDICSYL	F	5	1	232	07	0						CALLAPAL	W	4	3	260	05	3	1	
MONTIFON	F	5	1	260	05	8	2					EUPHOPAL	+W	4	3?		03	3		
SCIRPREF	+F	3	2	246	08	4						CLADIMAR	W	5	3?		03	3		
LEUCOVER	F	3	2	245	02	5						ANGELARC	W	5	3	161	12	7		
VACCUW.I	F	3	2	250	05	3	1					CAREXECH	W	5	3	810	02	4	1	
CAREXCUR	F	5	2	250	05	4	1	2				SENECPAL	W	5	3?		03	4		
LATHYPAL	F	5	2?		03	3						MENYATRI	W	5	3	260	05	3	1	2
ANDROPOL	F	5	2	250	05	3	1					CAREXLAG	W	5	3	250	05	3	1	2
SELINCAR	F	2	3?		03	7						ERIOPLAT	W	1	4	243	02	9		2
CAREXVUL	F	4	3	243	02	9						CAREXAPP	W	4	4	243	02	9		
ERIOPVAG	F	5	3	250	02	4	1	2				JUNCUTL	W	4	4	243	02	4	1	2
VALERDIO	F	5	3?		03	3						CAREXVES	W	5	4	243	02	3		2
LEPIPAPAL	F	5	4?		03	3	1	2				CIRSIOLE	W	3	5		03	0		
SILAUSTL	F	3	5		03	7						CAREXDIS	+Z	5				9		
GYMNACON	G	3	1		02	6	1					HONCKPEP	Z		1	246	08	0		
PARISQUA	G	4	1	260	05	3	1					ODONTU:L	Z	2	1	246	08	8		
ORCHIMOR	G	4	1	245	02	6						SCIRPRUF	Z	3	1	246	08	4		
PLATARIF	G	5	1	260	05	6	1					ARMERMAR	Z	5	1	246	08			
GYMNACON	G	3	2	260	05							CAKILMAR	Z	5	1	211	08	8		
SANICEUR	G	4	2	132	14	9						ALOPEBUL	Z	4	3	413	02	6		
ARNICMON	G	4	2		03	6						PRIMULLA	a	5				9		
EQUISIT	W	4				3						GYMNDRY	a	4	1?		04	3		
RHYNOFUS	W	5				3						PYROLMIN	a	4	1	124	05	3		1
RANUNIN	W	5				3						PYROLROT	a	4	2	260	05	3		1
TEUCRSCO	+W	1	1?		04							PHYTESPI	a	2	3		03	0		
ERIOBRA	W	2	1	250	05	3	2					PHYTENIG	a	4	3		03	0		
BEUM RIV	W	2	1	260	05	4						GENISTIN	a	4	4	245	10			
PINGUUL	W	2	1	260	03	9	2					EQUISHYE	a	5	4		13	3		
CALAMSTR	W	3	1	260	05	0	2					HIERALTC	*f	3				1		
PEDICPAL	W	4	1	260	05	8	1	2				MERCUPER	f	3				3		
THELYPAL	W	5	1	260	08	3						VERONMON	f	4	1?		04	0		
CAREXIM	W	1	2	250	05	3	1	2				TRIENEUR	f	4	1	124	05	3		2
TEUCRSCO	+W	1	2		03	2						PARNAPAL	f	4	1	260	05	9		1
SCHLUPAL	W	1	2	250	05		1	2				POLYGSER	f	5	1	232	07	7		1
CAREXFLV	*W	1	2	260	05	9	1					COLCHAUT	f	3	2	245	02	6		
NARTHOS	W	4	2	232	02	3	1					GALIUBOR	f	1	3		03	3		
CREPIPAL	W	4	2	260	05	9	2					EQUISSYL	f	4	3	124	05	3	1	2
ELENCOUT	+W	4	2	246	08	4						MENTHLEN	f	4	4		03	3		
CAREXAQU	W	5	2	211	05	0	1	2				CAREXTRI	f	4	5	214	02	3		