ALTERRA
WAGENINGEN UR



Beweging der wateren boven, op, in en onder de aarde

Berekening Makkink-verdamping vanuit temperatuurextremen

Alterra-rapport 2053-4
ISSN 1566-7197

P.C.T. van der Hoeven

Beweging der wateren boven, op, in en onder de aarde

Berekening Makkink-verdamping vanuit temperatuurextremen

P.C.T. van der Hoeven

Alterra-rapport 2053-4
ISSN 1566-7197

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2011

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2011 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

– Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
– Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
– Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2053-4
Wageningen, 2011

Voorwoord

De lysimeters van het Provinciaal Waterleidingbedrijf Noord-Holland (PWN) in de duinen van Castricum hebben in de vorige eeuw grote bekendheid genoten, niet alleen omdat het zo'n omvangrijk onderzoek was met grote 'bakken', maar de wetenschappelijke vraagstelling van de invloed van de begroeiing op de aanvulling van het onderliggende grondwater stond toen en ook nu nog in het centrum van de hydrologische belangstelling. Veel is er in het experiment van Castricum geinvesteerd, vooral in apparatuur en mankracht. Vooral in de periode 1941 tot 1972 was niets teveel om zoveel als mogelijk te meten wat later van toepassing kon komen. En vergeet niet dat dit werd gedaan in een periode zonder zakrekenmachine of computer. Door plichtsgetrouwe PWN waarnemers zijn van een bijzonder experiment van ongeëvenaarde omvang ontelbare metingen verricht en opgeschreven.

In de loop van de jaren zeventig van de vorige eeuw kreeg de Universiteit van Groningen belangstelling voor de gegevens van Castricum om de kennis van de waterhuishouding van bossen verder uit te bouwen. Een kleine commissie werd ingesteld om de mogelijkheden van digitaliseren van de enorme hoeveelheid handgeschreven gegevens te onderzoeken. Het werd al spoedig duidelijk dat het een klus zou worden die de beschikbare middelen ver te boven ging. Immers het ging niet alleen om het digitaliseren van handgeschreven gegevens, maar ook om een heel traject van dataprocessing dat tevens kwaliteitscontrole en datareductie inhield. Deze bewerkingen met in begrip van gewenste correcties van meetwaarden of aanvulling van ontbrekende metingen is een noodzakelijke gang om reeksen van hoge kwaliteit voor onderzoek geschikt te maken. Hierbij dienen reeksen ook voortdurend te worden vergeleken met die van naburige stations. Bovendien dient dit werk te worden uitgevoerd door getrainde mensen waarbij fysische kennis van onderliggende processen niet mag ontbreken.

De waarnemers hadden ten tijde van de meetperiode ongecontroleerde maand en jaarsommen bepaald van neerslag en lysimeterafvoeren zodat men zich over de jaren heen een goed beeld kon vormen van de grootte van jaarlijkse verliezen aan interceptie en verdamping. Dit was lange tijd het enige resultaat, voor PWN voorlopig voldoende, van dit groots opgezette experiment. De dagelijkse metingen en van sommige variabelen termijn metingen bleven onbereikbaar voor onderzoek met moderne rekenmachines, terwijl het vast stond dat deze reeksen een schat aan informatie van het gedrag van de waargenomen processen herbergt. Het is van grote waarde voor het wetenschappelijk en toegepast onderzoek in de hydrologie dat Piet van der Hoeven na zijn pensionering in de jaren negentig de archieven van Castricum ter hand heeft genomen. Het getuigt van groot doorzettingsvermogen dat hij in een periode van meer dan vijftien jaar onverschrokken doorwerkend niet alleen mooie schone reeksen voor computerverwerking heeft beschreven en beschikbaar gemaakt, maar er zelf ook kennis aan heeft ontfutseld dat hij in een aantal rapporten heeft neergelegd. Dat hij dit werk zeer serieus opnam blijkt wel uit de kwartaalverslagen aan PWN, waarin hij melding maakte van gedane en voorgenomen werkzaamheden.

Het werk van Piet van der Hoeven is een grote prestatie dat hij tot op zijn hoge leeftijd met toewijding en veel enthousiasme heeft uitgevoerd. Met recht kan worden gezegd dat hij het lysimeterproject heeft gered en de metingen nog voor verschillende doeleinden, zoals modeltoetsing, kunnen worden gebruikt.

In het jaar 2000 zijn de metingen beëindigd en de lysimeters in onbruik geraakt. In 2010 werden initiatieven ondernomen om het lysimeterstation te reanimeren. Op een speciaal belegde bijeenkomst in april 2010 te Castricum heeft van der Hoeven de consequenties van een mogelijke herstart gepresenteerd. Na afloop werd Piet van der Hoeven door Harry Rolf van PWN uitvoerig bedankt voor zijn jarenlange werk aan de lysimeter metingen.
De meetreeksen en de rapporten, welke door Piet van der Hoeven zijn samengesteld, zijn beschikbaar op de website www.climatexchange.nl/projects/verdamping.htm onder 'Lysimeters Castricum'.
Dit rapport is onderdeel van een serie rapporten met de titels:

- Lysimeters Castricum – Meetproject en datafiles *(Alterra-rapport 2053-1)*
- Lysimeters Castricum – Summary and datafiles *(Alterra-rapport 2053-2)*
- Lysimeters Castricum – Eigenschappen van de invoer *(Alterra-rapport 2053-3)*
- Beweging der wateren boven, op, in en onder de aarde *(Alterra-rapport 2053-4)*
- Lysimeters Castricum – Waarnemingen neutronensonde *(Alterra-rapport 2053-5)*
- Lysimeters Castricum – Waterbalans lysimeter-1 *(Alterra-rapport 2053-6)*

Wij hopen dat de gegevens en rapporten zoals die door Piet van der Hoeven zijn samengesteld veelvuldig gebruikt gaan worden in het onderzoek.

Piet Warmerdam, Eddy Moors en Jan Elbers

Wageningen, 2011

Abstract.

A good amateur weatherstation, minimal offers a sound file with dayly minimum- and maximumtemperatures (Tn and Tx) and dayly precipitation (RR). They are used to work with 24-hour periods 19-19MLT.

Makkink Reference Evaporation.
The calculation of Makkink Reference Evaporation (EQQ), asks for mean dayly airtemperature (TT) and the daysum global radiation (QQ). Nature offers: TT=(Tx+Tn)/2 delivers a good estimation of TT, and: QQ=calibrationfactor*(Tx-Tn)*daylength a reasonable estimation of global radiation. So only with Tx and Tn, it is possible to calculate a usable Makkink evaporation (Exn). Knowing too the dayly precipitation, one can depart for looking to the movements of the waters above, on, in and below earth.

For De Bilt, dayly TT, QQ, Tx and Tn are known. Working with dgrC and hours daylenth, the calibrationfactor landed on 10.0 (pg.2). Using the observed sunshine durations of Castricum and IJmuiden, for Castricum and three neighbouring amateurstations, calibrationfactors 11.2-13.0 are arising (pg.6-9).

Waterbalance.
Looking at arable land and gardens, the uper groundlayer is devided in a surfacelayer able to hold an amount of 5mm water, and a rootlayer able to hold an amount of 45mm water. Supposed is, the water in the surfacelayer evaporates problemless: E=Exn. From the rootlayer, the evaporation will not leave problemless. Supposed is, here holds an efficiencyfactor (Eff), defined as: Eff=1-((Bx-BB)/Bx)**3, where Bx the maximal watercontend of the rootlayer (45mm) and BB the actual contend. The dryer the rootlayer, the more laborious the evaporation. Departing from a defined position, evaporation leaves the system and precipitation arrives on it. When the total store of water in surfacelayer and rootlayer rises above 5+45mm, than the surplus leaks to the groundwater.

Plotting monthly sums and averages.
The graphs on pg.12-15 are showing monthly sums of evaporation (vrd), precipitation (nsl), averages for Tx and Tn, growing-

degreedays (warmth sums: ggd=Sigma((TT-5)*Eff), only positive values are counting), the averaged amount of "hanging water" stored in surface- and rootlayer (hw, 0-50mm) and the leakage to the groundwater (lek). Each graph shows about 16 years of observations.

Plotting dayly observations.
The graphs on pg.16-19 are showing dayly observations, performed in Bilthoven in 1989. Here, also the groundwaterlevel was observed dayly. From upside down: evaporation and precipitation (bars), store of water in surface- and rootlayer (shadow), leakage to the groundwater (bars), Tx and Tn (blocked lines) and the groundwaterlevel in cm above the averaged former floodlevel of Amsterdam (shadow). To follow the mutal movement of the calculated leakage and the observed groundwaterlevel, is a fascinating occupation.

Compleded sunshine observations june1941-may1945.
The Campbell-Stokes sunshine recorder at Castricum was placed on 1 june 1945. As the value for use of the observations up to june 1945, declines considerable when lacking the observations of sunshine, the missing observations were completed using the observations of Den Helder. When the completed observations 1941-may1945 are equal-valued with the observations june1945-1971, the relation EQQ to Exn for both periods must be equal. This happened to be not. To force equality, the compleded sunshine observations are asking for a correctionfactor 0.90 (pg.20-21). Looking afterward, Den Helder receives in deed some percents more sun, but by no way 10%. When mounting the Campbell-Stokes in Castricum, photographs where taken to the east and to the west, to record the covering of the horizon (pg.22-23). In Den Helder, the recorder was offerd a completely undisturbed view to the horizons at east and west. These at least explains a part of lacking sunshine duration at Castricum. In any case will be supposed here, the correction of the sunshine durations before june1945 with 0.90, repairs the mutual comparability of the observations and the completed data.

BEWEGING DER WATEREN
BOVEN, OP, IN EN ONDER DE AARDE

P.C.T.van der Hoeven

INHOUDSOPGAVE blz.

1. Inleiding. 1
2. Berekenen van de verdamping. 3
3. Een simpele waterbalans. 3
4. Groeigraaddagen. 4
5. Meetreeks Kennemerland. 5
   - 5.1 PWN te Castricum. 6
   - 5.2 Reinier en Wim v.d.Berg. 7
   - 5.3 Frank Magdelijns. 8
   - 5.4 Rob Groenland. 9
   - 5.5 Toegift: Bilthoven. 10
6. Exn en waterbalans. 11
7. Reeksoverzichten. 12
8. Het lezen van de grafieken. 13
9. Afbeelden van dagwaarden. 16
10. Zon en straling 1941-1945. 20.

1. Inleiding

Van een goed amateurstation kan minimaal een behoorlijke meetreeks werwacht worden van dagelijkse minimum- en maximumtemperaturen (Tn en Tx) en van de neerslag (RR). Het is bij de weeramateurs gebruikelijk om te werken met etmalen 19-19h.

Zo simpel als dit lijkt, vertegenwoordigt dit toch al een kostbaar stuk waarnemingsmateriaal waar verbazend veel mee gedaan kan worden. Tot een eeuw geleden berustte al onze kennis over het klimaat op aarde, en dat was bepaald niet gering, vrijwel uitsluitend op dergelijke waarnemingen. De Tx en Tn blijken namelijk samen al een dermate volledig beeld van de gang van temperatuur en straling over het etmaal te geven, dat we al in staat gesteld worden om iets verstandigs te zeggen over de verdamping. Samen met de waarneming van neerslag wordt het dan mogelijk om de beweging van de wateren boven, op, in en onder de aarde te gaan volgen.

Zelf heb ik ook 16 jaar lang een dergelijk stationnetje onderhouden. Naast Tx, Tn, RR, luchtdruk en nog wat kleinigheden, nam ik ook dagelijks de grondwaterstand waar in een regenpijp die ik 4m diep de bodem in had weten te krijgen. De waterstand werd bepaald met een vlotter, die zo opgehangen was dat aflezingen in mm mogelijk waren. Van deze toevoeging heb ik zoveel plezier gehad, dat ik me serieus afvraag waarom deze voorziening niet standaard bij elk station aangebracht wordt. De waarmemingen lieten me namelijk rechtstreeks zien dat mijn waterbalansberekeningen inderdaad wat voorstellen. Ik hoop u een plezier te doen met u deelgenoot te maken van mijn oprechte fascinatie.

klasse	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	1	.	.	.	.	.
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	6	3	3	3	3	3	1	.
15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	4	3	8	3	3	3	5	3	.
14	.	.	.	.	.	1	2	2	6	3	5	5	5	8	9	4	2	1	.
13	.	.	.	.	1	4	3	2	5	7	9	8	10	11	5	4	2	.	.
12	.	.	.	.	3	5	7	8	8	14	10	15	11	4	10	6	1	.	.
11	.	.	.	3	3	4	14	13	12	11	20	11	13	4	2	.	1	1	.
10	.	.	.	3	7	11	13	23	7	25	24	10	11	1	3	1	.	.	.
9	.	.	.	5	5	14	25	27	21	20	10	12	2	1	2	1	.	.	.
8	.	.	.	8	10	22	29	26	20	17	16	8	4	1	2	.	.	.	.
7	.	.	1	16	16	30	31	27	20	10	5	5	3	1	.	.	.	.	.
6	.	1	3	23	29	56	31	29	23	14	2	.	.	.	.	.	.	.	.
5	.	.	9	40	54	52	40	20	12	9	3	2	.	.	.	.	.	.	.
4	.	1	25	65	69	49	36	15	5	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	.	12	68	100	65	31	17	6	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.
2	4	59	143	85	35	10	4	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	55	327	174	60	23	15	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0	173	290	79	19	2	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Vertikaal:

Makkink Referentie Gewasverdamping (dagsommen)

Invoer: dagsom globale straling in Joule/sqcm/dag en gemiddelde luchttemperatuur in grC.

Horizontaal:

Dagsom globale straling laat zich dragelijk schatten uit:

10.0 * (Maximumtemperatuur - Minimumtemperatuur) * Daglengte

Tx en Tn in grC en Daglengte in uren. Door een speling der natuur is de ijkfactor voor De Bilt gelijk aan 10.0.

Gemiddelde luchttemperatuur is uitstekend te schatten met:

(Maximumtemperatuur + Minimumtemperatuur) / 2.

Tx en Tn in grC. Dit levert:

Makkink Referentie Gewasverdamping berekend uit Tx en Tn alleen.

Klassen:

0: 0.0 - <0.3 mm
1: 0.3 - <0.6 mm
.....
18: 5.1 - <5,4 mm

2. Berekenen van de verdamping.

Bij berekening van de referentie gewasverdamping (Er) volgens Makkink, vraagt de formule om het etmaalgemiddelde van de luchttemperatuur (TT) en om de dagsom van de globale straling (QQ). Het etmaalgemiddelde van de luchttemperatuur kan zeer wel bepaald wordt met (Tx+Tn)/2. Het blijkt bovendien dat de dagsom van de globale straling redelijk geschat kan worden, door het verschil van Tx en Tn te vermenigvuldigen met de daglengte. Werkend met graden Celcius en uren daglengte blijkt de ijkfactor voor De Bilt gelijk te zijn aan 10.0 precies. Een speling der natuur zogezegd.

Samenhang van QQ met Tx-Tn hoeft geen verrassing te zijn, omdat het verschil Tx-Tn nu eenmaal veroorzaakt wordt door de globale straling. Het zal duidelijk zijn dat er wel een fikse spreiding over dit verband heen zal liggen. Daar de meetreeks van De Bilt 1961-1970 zowel Tn en Tx over etmalen 19-19h, als ook het etmaalgemiddelde van de luchttemperatuur en de dagsom van de globale straling in voorraad heeft, kan verdamping volgens Makkink, zowel op de correcte manier uit TT en QQ, als uit (Tx+Tn)/2 en 10.0*(Tx-Tn)*daglengte bepaald worden. Hiernaast zijn beide uitkomsten in een puntenwolk tegen elkaar uitgezet. Het resultaat ziet er beslist bruikbaar uit. In feite is dit de clou van het hele verslag.

3. Een simpele waterbalans.

Wanneer het mogelijk is om vanuit de extreemtemperaturen iets verstandigs te zeggen over de verdamping, dan wordt het, indien neerslag waargenomen wordt, ook mogelijk om een waterbalans bij te houden. Van oktober 1986 tot september 2002 had ik een simpel weerstationnetje in mijn tuin staan. Naast extreemtemperaturen, neerslag, luchtdruk en wat weerwaarnemingen, nam ik ook dagelijks de grondwaterstand waar met een uitgebalanceerde vlotter die aflezingen in mm toeliet. Ik tuigde een tweelagenmodel op dat er als volgt uitziet:

Een oppervlaktelaag kan maximaal 5mm water vasthouden. De regen valt erop en de verdamping gaat er geheel probleemloos uit. Het surplus zakt naar de tweede laag, die ik hier "teeltlaag" noem. Deze teeltlaag kan maximaal 45mm water bevatten.

Wat er nog aan verdamping "overschiet" wordt (via de vegetatie) besteed aan het hier aanwezige water. Hierbij wordt een efficiëntiefactor (Eff) verondersteld, die gelijk aan 1 is bij volop water en die naar 0 gaat wanneer het water opraakt. Stelt men de aanwezige watervoorraad BB en de maximaal mogelijke watervoorraad Bx=45mm, dan zou men bij een lineair verband uitkomen op: Eff=1-(Bx-BB)/Bx. Vermoedend echter, dat wanneer het water half op is de wortels nog uitstekend bij het nog resterende water kunnen komen, werd geexperimenteerd met een hogere macht van de breuk-term. Gekozen werd uiteindelijk voor een derde macht. De vorm gaat dan over:

```
Eff = 1 - ((Bx-BB)/Bx) ** 3
```

Bij een langere droogte is de oppervlaktelaag snel uitgedroogd en neemt BB steeds verder af. Gaat het dan veel regenen dan wordt het ontbrekende water aangevuld. Komt deze aanvulling uit boven de 45+5mm, dan zakt het berekende surplus als "Lek" naar het grondwater. Het model werkt in mijn tuin zo machtig mooi. Overtreft de regen de verdamping en geeft het model "Lek" aan, dan begint het grondwater weer te stijgen. Niet eerder en niet later. Daalt BB tot 4mm of lager, dan wordt mijn tuin bruin. En weer: niet eerder en niet later.

4. Groeigraaddagen.

Vroeger werd veel gewerkt met "Groeigraaddagen". Dit zijn warmtesommen die worden bepaald door sommering van dagelijkse bijdragen ggd=TT-5 grC, waarbij TT (ofwel 0.5(Tx+Tn)) weer het etmaalgemiddelde van de luchttemperatuur is. Alleen positieve bijdragen tellen mee. Verschillende fenologische stadia (als bladontplooiing of bloei) blijken pas op te treden bij het bereiken van bepaalde warmtesommen. Nu zal iedereen die in zijn tuin het gras en de heg moet bijhouden, de ervaring met mij delen dat het leven in tijden van droogte een stuk gemakkelijker wordt omdat de groei dan vrijwel stilstaat. De "droogte-stress" zou rechtstreeks moeten samenhangen met de factor Eff die hierboven tevoorschijn kwam. Dit voert tot tot de volgende vorm voor de dagelijkse bijdragen aan de warmtesom:

```
ggd = (0.5*(Tx+Tn) - 5) * Eff     (grC)
```

5. Meetreeks Kennemerland.

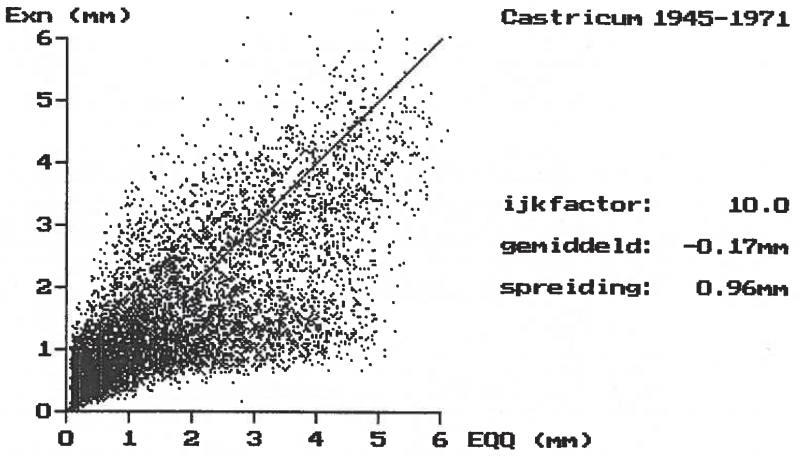
De meetreeks van termijnwaarnemingen van het Lysimeterstation van het PWN te Castricum 1941-1971 blijkt bijna twintig jaar te kunnen worden verlengd met de meetreeksen van vier destijds jonge weeramateurs. Alle vier waren ze actief lid van de Werkgroep Weeramateurs van de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrekunde. Ze hadden in de tuin van hun ouderlijk huis een weerstation ingericht, dat ze secuur beheerden. De vier jongelui brachten drie (op een enkele vacantie na) mooie gesloten meetreeksen voort, waarmee de meetreeks van de termijnwaarnemingen van het Lysimeterstation in Castricum, bijna twintig jaar kan worden vervolgd, tot halverwege 1989.

Het is wel curieus, dat drie van de vier waarnemers bij Meteo Consult terecht gekomen zijn. Frank Magdelijns werkt bij de KPN. Hun namen kwam ik tot voor kort nog geregeld tegen in het clubblad van de Vereniging voor Weerkunde en Klimatologie (de nieuwe verenigingsnaam).

Eind mei 1945 werd in Castricum op het meetterrein een Campbell-Stokes geplaatst. Daarmee levert dit station sindsdien uurlijkse zonneschijnduren. Op basis van die uurwaarden blijkt een goede schatting van de dagsom van de globale straling mogelijk te zijn (methode Slob; v.d.Hoeven KNMI MEMO KD-93-07). Op 1 januari 1972 werden op het lysimeterterrein alle METEO-waarnemingen gestopt. De Zonneschijnmeting was inmiddels belangrijk geworden, en werd daarom aansluitend overgenomen door het nabijgelegen station IJmuiden.

In de formule waarmee de globale straling geschat wordt vanuit het verschil der dagextremen, komt een ijkfactor voor die voor De Bilt op 10.0 bleek uit te komen (zie blz.2 en 3). Daar bij mijn eigen station geen systematische afwijkingen met het KNMI optraden, ging ik er voetstoots van uit dat die 10.0 ook voor mijn station gold. De prachtige manier waarop model en werkelijkheid overeenkwamen stijfde me hierin.

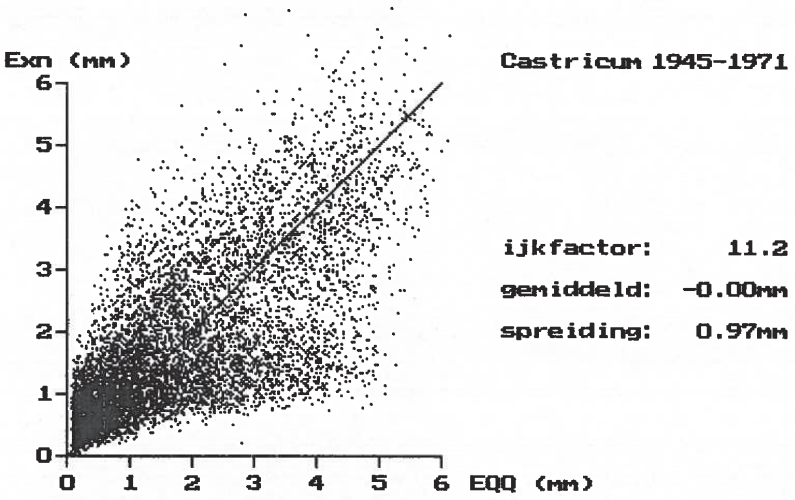
Of deze ijkfactor ook in en langs de duinen opgaat is echter een open vraag. Welnu, zowel voor Castricum als voor drie amateurstations op de geestgronden achter de duinen, zijn we in staat om te controleren in hoeverre dit alles hier blijft gelden. We doen dat weer met puntenwolken.

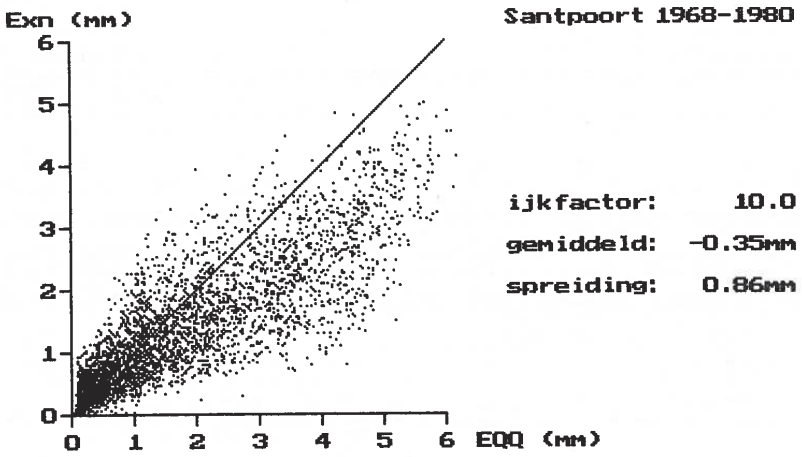


5.1 PWN te Castricum.

Het lysimeterstation is ingericht in de onmiddellijke nabijheid van het hoofd-pompstation van het PWN in de duinen aan de westkant van Castricum. De waarnemers waren goed opgeleid en voerden de hen opgedragen taak vanaf juni 1941, op voortreffelijke wijze uit. De metingen werden voortgezet tot 1 januari 1972.

Hierboven is de Exn, bepaald onder gebruikmaking van ijkfactor 10.0, uitgezet tegen de Makkink-verdamping (EQQ) die is bepaald met behulp van de gemiddelde luchttemperatuur (Tx+Tn)/2 en de vanuit uurlijkse zonneschijnduren geschatte dagsom van de globale straling. Kijken we naar de gemiddelde waarde van de verschillen Exn-EQQ (vertikale afstand van elk van de punten tot de 45graden-lijn), dan blijkt dat we duidelijk te diep uitkomem. Om de gemiddelde afwijking bij nul te brengen, moeten we een ijkfactor van 11.2 aanleggen.

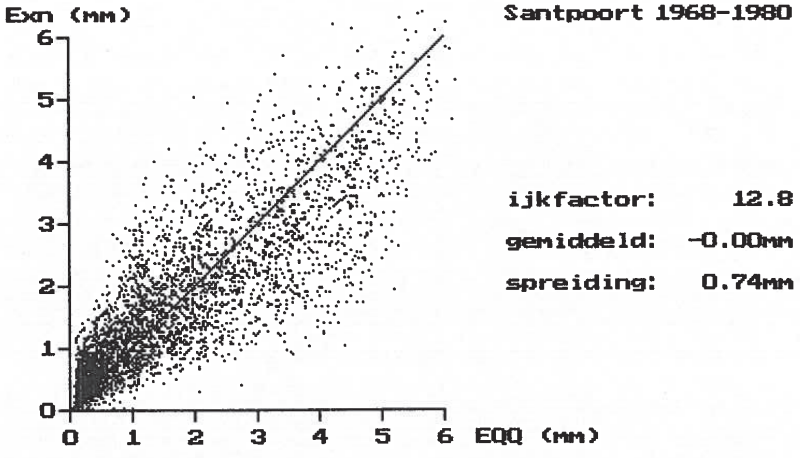


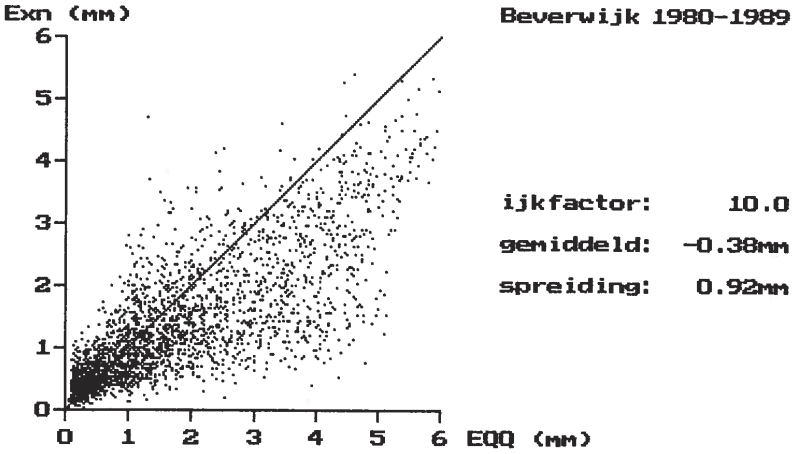


5.2 Reinier en Wim v.d.Berg.

Hun ouderlijk huis stond in Santpoort. Hun meetreeks beslaat de periode oktober 1968 t/m juli 1980. Hier is dus een overlap van ruim drie jaren met de meetreeks van het PWN. Beide broers waren lid van de Werkgroep Weeramateurs van de Vereniging voor Weer- en Sterrekunde en streefden er serieus naar, om te voldoen aan de eisen die de Werkgroep stelde. Naast extreemtemperaturen en neerslag namen zij luchtdruk waar en keken zij naar wind, weer en wolken. Toen Reinier het ouderlijk huis verliet werden de metingen naadloos overgenomen door zijn inmiddels al goed ingevoerde broer Wim.

Met ijkfactor 10.0 wijst puntenwolk Exn tegen EQQ hier nog veel duidelijker omlaag. Dit komt pas goed met een ijkfactor die ligt bij 12.8. Zeer bijzonder is de geringe spreiding die het verband hier toont.

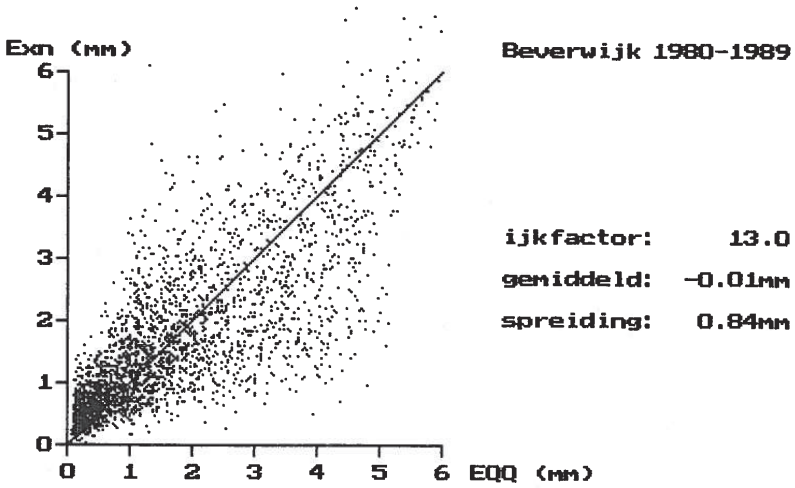


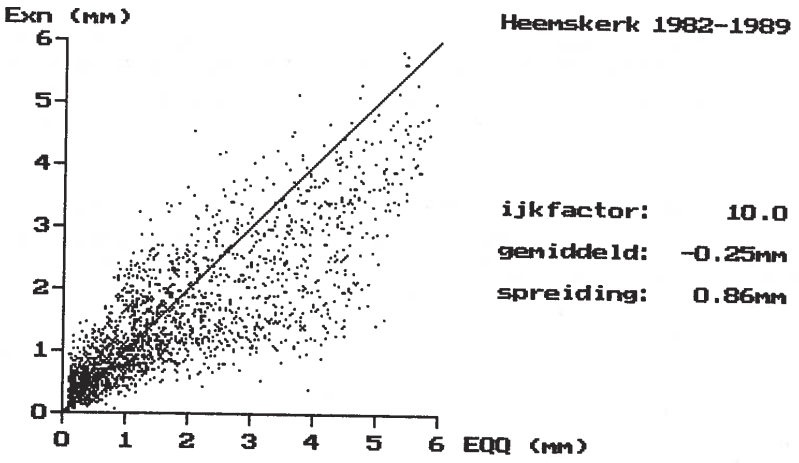


5.3 Frank Magdelijns.

Zijn ouderlijk huis stond in Beverwijk. De meetreeks beslaat de periode maart 1980 t/m maart 1989, en heeft dus een overlap van vijf maanden met die van Wim van den Berg. Ook hij was lid van de Werkgroep. De kwaliteit van zijn station en zijn waarnemingen sluiten volledig aan bij van den Berg. Zijn eigen specialiteit was het waarnemen van zeewindfronten.

Met ijkfactor 10.0 wijst de puntenwolk ook hier stevig naar beneden. Om dit goed te krijgen moeten we hier een ijkfactor aanleggen die duidelijk van dezelfde orde is als die voor Santpoort, en wel 13.0. De spreiding van de punten in de wolk ligt een tiende grC hoger dan die voor Santpoort. Op een spreiding van 0.84 grC is dit echter 15%. Daardoor komt dit kleine verschil toch nog duidelijk zichtbaar tevoorschijn in de dikte van de wolk.

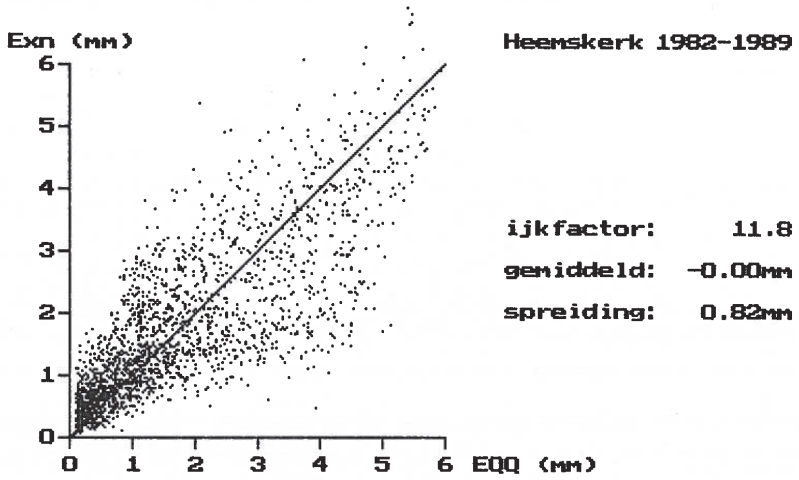




5.4 Rob Groenland.

Zijn ouderlijk huis stond in Heemskerk en zijn meetreeks loopt van september 1982 t/m juli 1989. De overlap met Frank is bijna volledig. Rob en Frank Magdelijns hadden uiteraard nauw kontakt met elkaar. Een bijzonder prettig gevolg daarvan is dat ze elkaars vakanties vrijwel compleet bleken te dekken.

Iets waar ik hier van opkijk, is dat de "duik" van de puntenwolk bij gebruik van ijkfactor 10.0, een stuk minder is dan die van de andere twee amateurstations. Om het gemiddelde verchil Exn-EQQ bij nul te krijgen moeten we een ijkfactor van 11.8 aanleggen, hetgeen dicht in de buurt ligt bij die van het lysimeterstation in de duinen. De spreiding van de punten in de wolk ligt ook hier boven de 0.8grC. De lage waarde voor de ijkfactor verbaast me. Niets beters wetend zoek ik de oorzaak bij de bodemgesteldheid ter plaatse.



5.5 Toegift: Bilthoven.

Onze tuin lag in Bilthoven, aan de noordzijde van ons vorige huis. Twee meter van de keukendeur stond op een paal van 1.50m een hoogst simpel open hutje, dat ervoor zorgde dat de zon nooit op de thermometers en de hygrometer scheen en dat die altijd droog bleven. In ons "moerasje" (een soort lysimeter) stond een peilbuis die op zijn open einde een plastic regenmeter droeg. Daar vlakbij was een regenpijp van rond 4m lengte in de grond gebracht. Met een medicijnflesje als vlotter, dat hing aan een nylon koord die aan een naaicentimeter was geknoopt, die geleid over een licht lopend rolletje aan zijn andere einde een tegenwichtje droeg, kon het peil van het grondwater op mm nauwkeurig afgelezen worden. Dit stationnetje is mij van oktober 1996 tot begin september 2002, 16 jaar lang dus, groots van dienst geweest. De belangrijkste zaak waar ik al die tijd naar keek was uiteraard de waterbalans van mijn tuin. Dit wordt in het volgende getoond.

Iets anders wat verrassingen opleverde, was de samenhang van ons dagelijkse gasverbruik met het etmaalgemiddelde van de luchttemperatuur. De bediening van de themostaat lag in handen van mijn eerste echtgenote. Aanvankelijk gedroeg dit verband zich voorbeeldig en toonde mooie slanke puntenwolken, vrijwel zonder uitschieters. Na haar overlijden in november 1994, verdubbelt de spreiding. Dit is nooit meer goed gekomen.

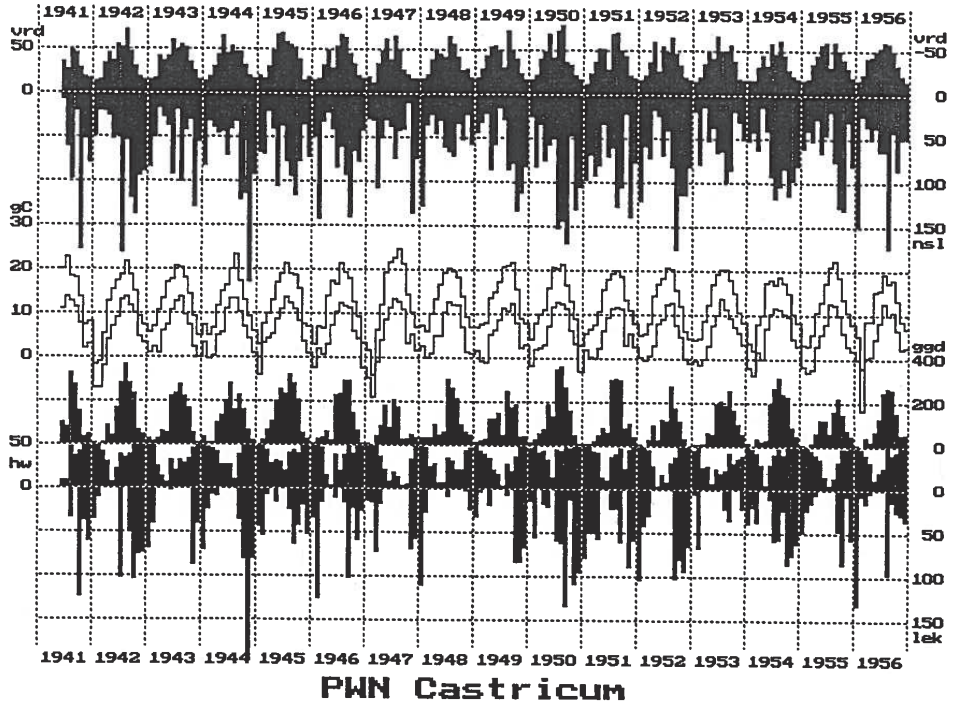
Zolang maar gewerkt wordt met maandsommen en maandgemiddelden, blijken mijn uitkomsten meer dan redelijk vergelijkbaar te zijn met die uit het Kennemerland. In het reeksoverzicht op blz.15 blijken de eerste drie jaar namelijk tot in details een vrijwel eender beeld op te leveren als de laatste drie jaar van Heemskerk (blz.14). Het maakt tot mijn verbazing niets uit of u naar verdamping, neerslag, Tx en Tn, groeigraaddagen, hangwater of naar lek wenst te kijken. Toevoeging van dit "Fremdkörper" brengt de totale lengte van de geschakelde reeksen op ruim zestig jaren.

6. Exn en waterbalans.

Aanvankelijk ben ik zeer ontspannen omgegaan met de toepassing van Exn met ijkfactor 10.0 in allerlei waterbalansen. Een los probeersel met toepassing van EQQ (vanuit gemiddelde luchttemperatuur en geschatte dagsom globale straling IJmuiden) in plaats van Exn bleek vooral bij Santpoort en Beverwijk een hinderlijk ander beeld van de waterbalans op te leveren. EQQ ligt hier namelijk systematisch rond 30% hoger dan Exn, en dat blijkt echt te veel te zijn. Door de hogere verdamping vermindert de berekende watervoorraad in de bodem sneller. Het kost wat meer neerslag om die weer aan te vullen, waardoor de berekende lek wat later op gang pleegt te komen en ook wat lager uitvalt. Doordat de perioden van droogtestress wijder en dieper worden geeft dat nogal eens aanzienlijke vermindering van de berekende maandsommen van de groeigraaddagen.

Met het programma, waarmee ik de puntenwolken voor de complete reeksen produceerde, kan ik ook jaarlijkse verdelingen uitdraaien. Deze blijken zich mooi regelmatig te gedragen. Wil men voor een bepaald station weten waar de ijkfactor zo ongeveer liggen moet, dan geeft een controle van een jaar of twee al een aardig beeld. Hieronder uitkomsten voor Santpoort:

Santpoort	IJkfactor 10.0		IJkfactor 12.8		
	gem	spr	gem	spr	(in mm)
1968	+0.06	0.33	+0.20	0.41	(3mnd)
1969	-0.32	0.85	+0.04	0.79	
1970	-0.45	0.95	-0.11	0.79	
1971	-0.35	0.92	-0.03	0.83	
1972	-0.30	0.79	+0.05	0.70	
1973	-0.31	0.82	+0.07	0.70	
1974	-0.34	0.93	+0.00	0.83	
1975	-0.36	0.90	-0.00	0.76	
1976	-0.40	0.87	-0.01	0.65	
1977	-0.33	0.79	-0.01	0.66	
1978	-0.37	0.85	-0.07	0.72	
1979	-0.38	0.86	-0.07	0.72	
1980	-0.42	0.97	-0.04	0.84	(7mnd)
Reeks:	-0.35	0.86	-0.00	0.74	(12 jr)



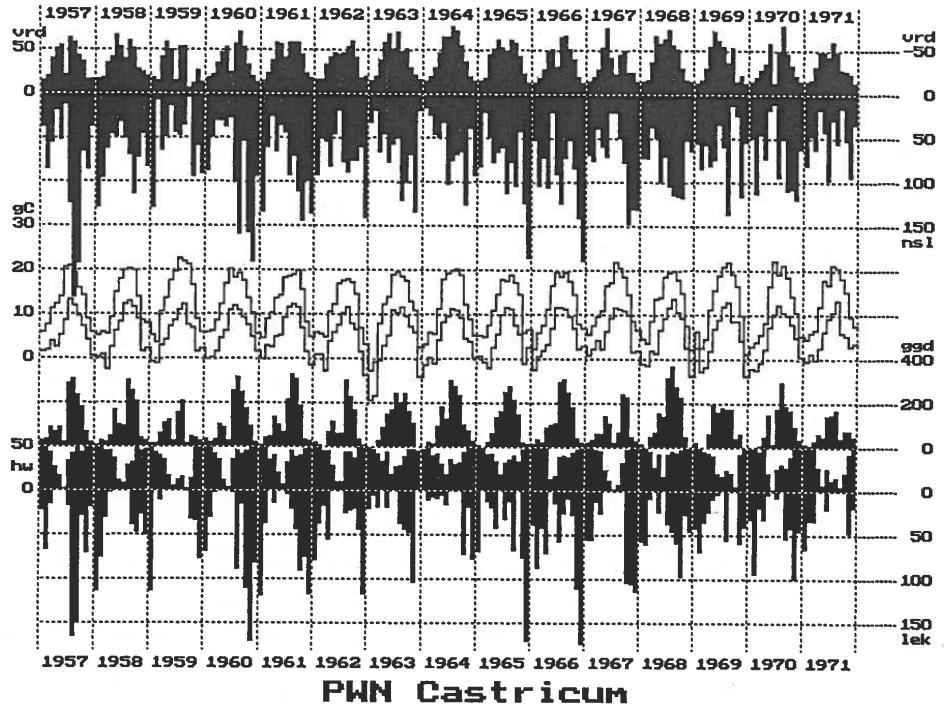
7. Reeksoverzichten.

Door uit te gaan van maandsommen en -gemiddelden lukte het om met schermresolutie 640x480, zestien jaren tegelijk op het scherm te krijgen. Zelfs hier in zwart-wit levert dit nog een overzichtelijk beeld op.

Van boven naar beneden gaand komen we eerst bij de berekende maandsommen van de verdamping (vrd in mm). Vanaf dezelfde nullijn naar beneden zijn de maandsommen van de neerslag uitgezet (schaal rechts: nsl in mm).

In de vrije ruimte daaronder zijn de maandgemiddelden van de dagelijkse maximum- en minimumtemperaturen uitgezet (schaal links: grC). Daaronder, met zwarte balkjes omhoog, de maandtotalen van de groeigraaddagen (schaal rechts: ggd in grC).

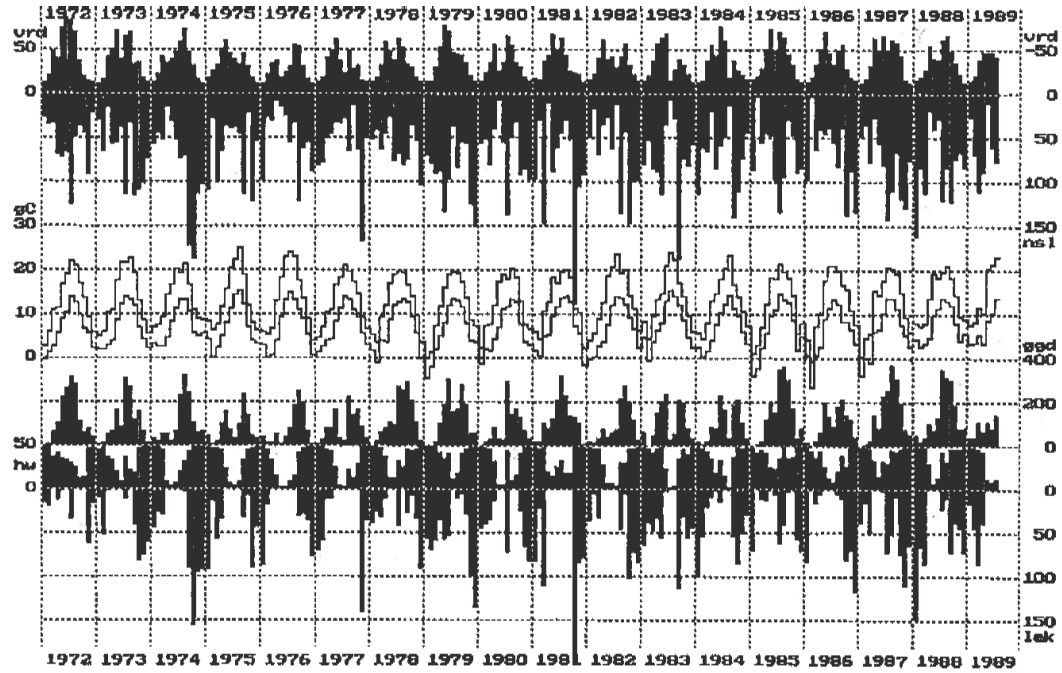
In het hokje daaronder is het gemiddelde van de berekende totale waterinhoud van teeltlaag + oppervlaktelaag uitgezet, ofwel van het aanwezige "hangwater" (schaal links: hw, minimaal 0mm, maximaal 50mm). Tenslotte, vanaf de nullijn naar beneden is de maandsom van de berekende "lek" naar het grondwater uitgezet (schaal rechts: lek in mm).



8. Het lezen van de grafieken.

Het kost even wat moeite om de grafieken te leren lezen. Koude winters vind u in de minimumtemperaturen. De winters met de Elfstedentochten no.8 t/m 15 haalt u er zo uit. Ze werden verreden op 22 jan 1942, 8 feb 1947, 3 feb 1954, 14 feb 1956, 18 jan 1963, 21 feb 1985, 26 feb 1986 en 4 jan 1997. Tussen genoemde data zitten nog een paar spannende jaren waarin het er net niet van kwam. De zeer strenge winters van 1942, 1947 en 1963 hebben zich wel bijzonder duidelijk van een vlag voorzien. Voor warme zomers moet u zoeken naar jaren die een aantal maanden achtereen boven de 20grC uitrijzen.

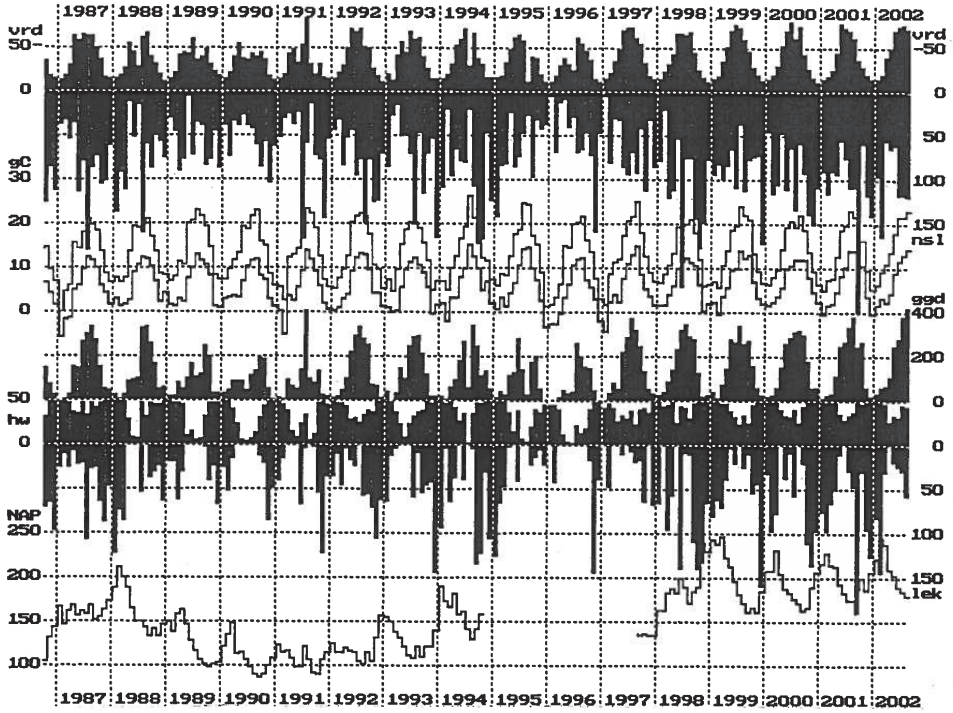
Het vinden van natte en droge jaren is al moeilijker. Zo laten de natte jaren zich veel duidelijker vinden bij de lek als bij de neerslag. Niet alleen is het verschil tussen "veel" en "minder veel" neerslag slecht te zien; je weet helemaal niet of de neerslag "gelegen" of "ongelegen" kwam. Lek heeft ook nog een andere betekenis, namelijk dat kleigronden dan zo doorweekt plegen te raken dat bouwland onbegaanbaar wordt.



Santpoort, Beverwijk, Heemskerk

Voor het zoeken naar droge jaren is lek echter toch nog niet de goede grootheid. Zomers zonder lek kunnen namelijk nog verbazend vruchtbaar zijn, tenminste, als er maar van tijd tot tijd een bui valt. Voorbeelden zijn 1943 en 1981. De maandelijkse gemiddelden van de voorraad hangwater geven hier een veel betere indicatie van wat er aan de hand is. Zonder moeite haalt u er nu de zeer droge jaren 1947, 1959, 1971, 1974, 1975, 1976, 1977, 1989, 1990 en 1996 uit. Ook bij de groeigraaddagen vindt u dan vaak zwaar misvormde jaarlijkse gangen.

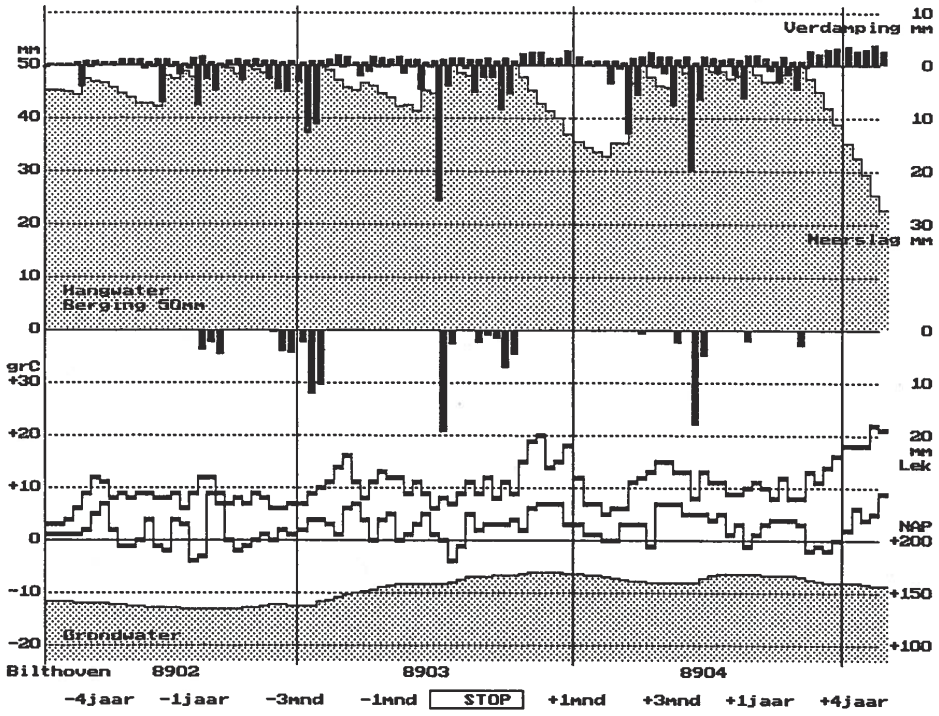
Zelf ben ik nogal onder de indruk van de veelzeggendheid van die groeigraaddagen, die hier dus ook op droogte reageren. Hiernaast kunt u aflezen dat de laatste zes jaar van de reeks (1997-2002), bijzonder groeizaam geweest waren. Teruggaand sluiten 1993, 1992, 1987, 1985, 1981, 1979, 1972, 1968 en 1945 zich daar bij aan. Ze waren warm en vooral nat. Daar oogsten ook kunnen verregenen, weet ik niet of boeren echt baat bij al die groeizaamheid hadden.



Bilthoven (geen Kennemerland!)

Het jaar 1996 was uitzonderlijk naar de totaal andere kant. Door de koude winter en het eveneens zeer koude voorjaar kwam de "argrarische lente" meer dan een maand te laat op gang. En toen de luchttemperatuur in april eindelijk omhoog ging was het te droog om groei mogelijk te maken. Rampzalig laat, in juli pas, valt er voor de vegetatie voor het eerst wat wasdom te verwerven.

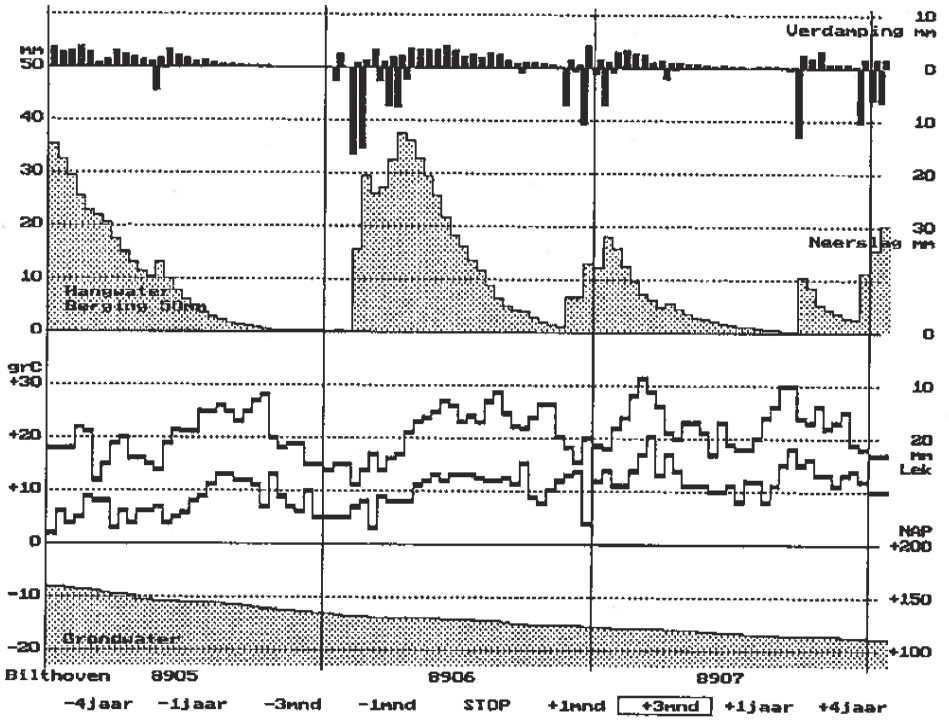
Bij het reeksoverzicht van Bilthoven, zijn de extreemtemperaturen t/m de lek een hokje naar boven opgeschoven en zijn de jaartallen een hokje omlaag gegaan. Hiermee werd plaats gemaakt voor de maandgemiddelden van de grondwaterstand. Het is curieus om te zien dat de waterbalans van enig jaar niet volledig bepalend is voor de waargenomen grondwaterstand. Het voorgaande jaar spreekt nog een duchtig woord mee. De zeer hoge waterstanden van begin 1999 hebben veel overlast veroorzaakt. Kelders en tunneltjes kregen ineens spuitende lekkages.



9. Afbeelden van dagwaarden.

Een bijzonder bruikbare eigenheid van het werken met maandwaarden is dat dit overzicht geeft over indrukwekkend lange meetperioden (hier zes decennia). Het afbeelden van dagwaarden heeft een geheel eigen charme en bruikbaarheid. Het uitdrogen van de bodem kan van dag tot dag gevolgd worden. Een leuk voorbeeld vind ik dat mijn buren allang spoten, terwijl mijn vrouw aan de tuin zag en ik aan de waarnemingen, dat dat nog niet echt, resp. echt nog niet nodig was. Iets wat ook zo machtig mooi te volgen is, is het bereiken van het punt waarop na een aantal buien de grond weer helemaal vochtig is. Blijft het daarna nog doorregenen dan laat de berekening lek ontstaan. Deze uitkomst pleegt zijn relatie met de realiteit te tonen doordat dan ook het grondwater weer omhoog gaat komen.

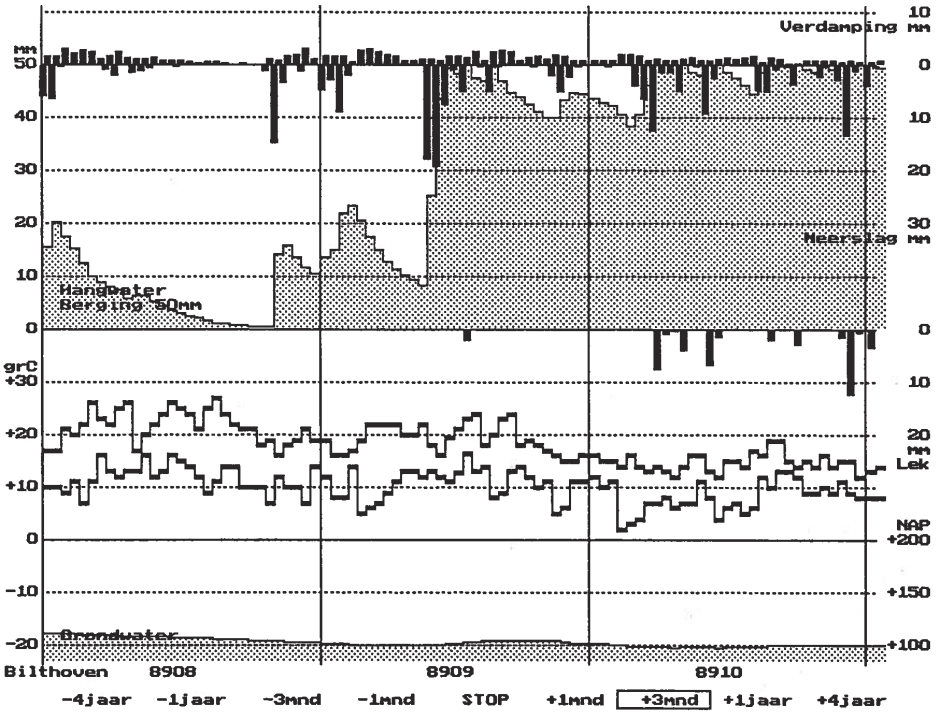
Op deze bladzijden wordt een voorbeeld van die afbeelding van dagwaarden gegeven. Om reden dat ook de grondwaterstand werd waargenomen, koos ik ervoor om hier mijn eigen waarnemingen te tonen. Vanaf de bovenste nullijn is de verdamping omhoog



uitgezet en de neerslag naar beneden (schalen rechts). In het daaronder volgende deel van de grafiek is de watervoorraad in teeltlaag en oppervlaktelaag in schaduw weergegeven (0-50mm, schaal links). Vanuit de nullijn naar beneden werd de berekende lek uitgezet (schaal rechts).

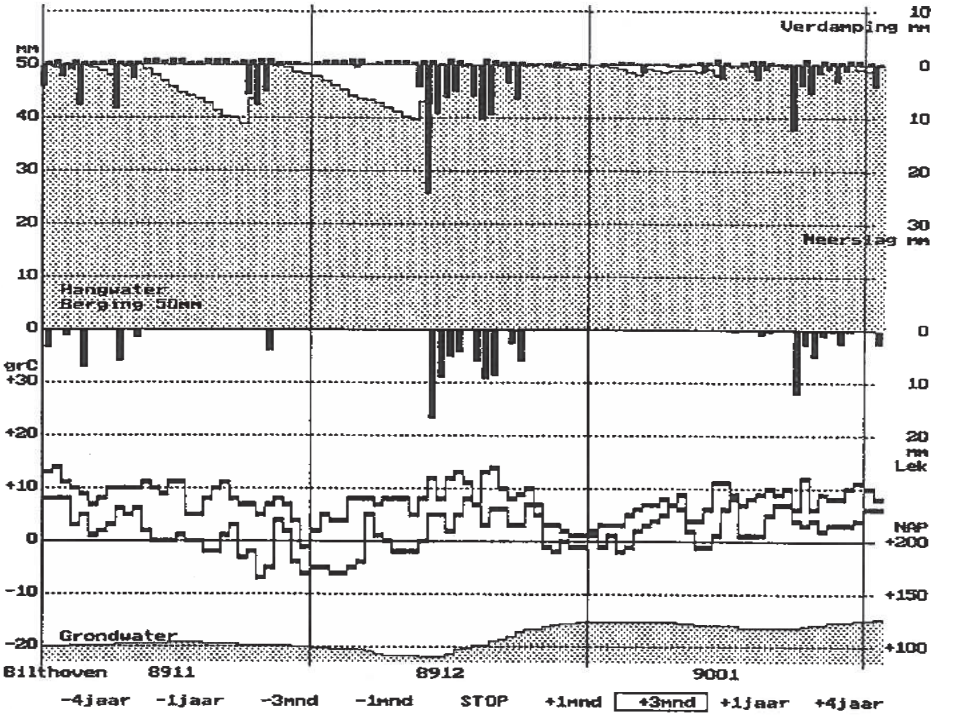
In het deel daaronder zijn Tx en Tn uitgezet (schaal links). Onderlangs is de grondwaterstand in schaduw weergegeven (schaal rechts). Daar deze grafieken ongeveer 60x zoveel ruimte vergen als de reeksoverzichten, moest een keuze gemaakt worden. Die viel op de zomer van 1989. Dit is één van de droge zomers die al eerder aangewezen is.

Op 27 april begint de eerste langdurig droge periode. De teeltlaag blijkt in een kleine maand tijds zijn hele voorraad voor de vegetatie bereikbare water kwijt te raken. De 5 mm regen die op 13 mei werd afgetapt bracht bracht geen soelaas. Eind mei ziet u de verdamping ondanks het warme weer geheel wegvallen. In de eerste decade van juni komt rond 50mm naar beneden. Dit was een hoeveelheid waarmee de tuin weer een



tijdje vooruitkon. Nu volgt opnieuw een periode met warm weer. Na een week of drie is de bodem weer terug bij af. De rond 25mm rond de maandwisseling naar juli kwam zeer gelegen, maar was niet genoeg. Dit geldt ook voor de bijna 40mm die in de tien dagen vanaf 24 juli kon worden afgetapt. Op 27 augustus begint het frequenter te regenen en half september is de grond weer even helemaal verzadigd met water. In oktober is de neerslag wat overvloediger, zodat de berekening geregeld een kleine lek oplevert.

Het is fascinerend om te zien hoe de grondwaterstand op dit alles reageert. In maart en de voorafgaande maanden heeft de grondwatervoorraad zich geleidelijk kunnen opbouwen tot 170cm+NAP. Zonder toevoer van boven blijkt de grondwaterstand asymptotisch te dalen naar een hoogte die ergens bij 90cm+NAP ligt. Heel speciaal om te zien is, dat die daling van mei tot half september volkomen ongestoord en ononderbroken doorgaat en dan even reageert op de kleine lek. De lek in oktober laat de daling wel ophouden, maar is nog niet genoeg om een stijging te bewerken die wat voorstelt. Half december raakt de grond weer



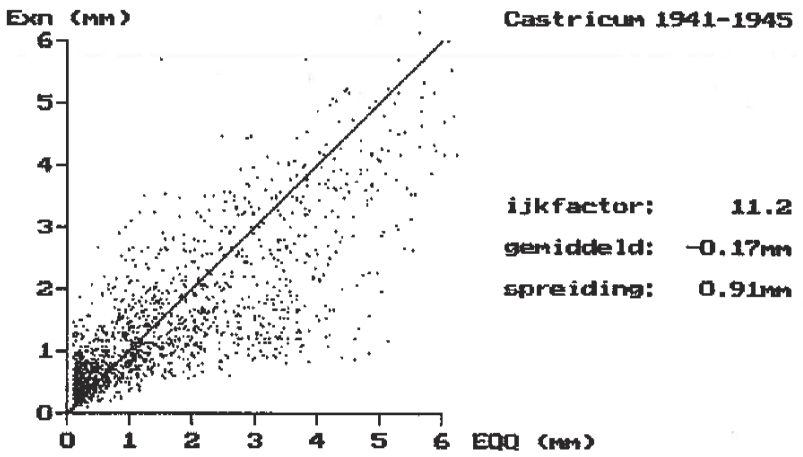
verzadigd. Omdat de neerslag blijft aanhouden laat de waterbalans nu eveneens "aanhoudende" lek tevoorschijn komen. Daar de verdamping in de wintermaanden erg klein is, blijft de lek vanaf half december vrijwel gelijk aan de neerslag. Nu gaat de stand van het grondwater weldegelijk reageren. Hiermee behoren de reserves voor het komende jaar te worden opgebouwd. Op blz.15 kunt u nazien dat dit herstel deze winter niet erg goed voor elkaar komt.

Zelf heb ik aantoonbaar baat (besparing van heel wat water) en beslist erg veel genoegen aan dit waterbalansmodel mogen beleven. Vanuit de voortgaande berekening komt zo mooi natuurgetrouw tevoorschijn wat er in mijn tuin zo allemaal aan de hand geweest is.

10. Zon en straling 1941-mei1945.

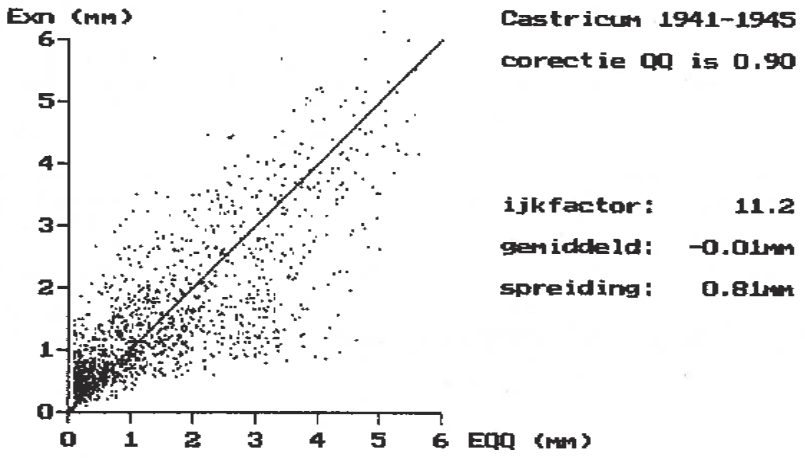
De Campbell-Stokes op het lysimeterterrein werd pas geplaatst op 1 juni 1945. Daar de overige waarnemingen bij het ontbreken van dit gegeven zeer in waarde dalen, werden de ontbrekende zonneschijngegevens 1941-mei1945 ingeschat vanuit Den Helder. Van september 1944 t/m mei 1945 ging ook dit station dicht en werd teruggevallen op De Bilt. Deze methode gaat vrij grof te werk, maar iets beters was niet voorhanden. De grote winst is in elk geval dat doorlopende waterbalansberekeningen over de volle lengte van de reeks kunnen worden uitgevoerd.

Op blz.6 werd voor Castricum de relatie van Exn met EQQ bekeken voor het tijdvak juni 1945- december 1972. waarin de Campbell-Stokes ongestoord zijn werk deed. Het bleek daar, dat de bepaling van Exn uit Tx en Tn een "dragelijke" relatie oplevert, wanneer de in de formule voorkomende ijkfactor bij 11.2 gelegd wordt. Zo de inschatting van de ontbrekende gegevens in de jaren 1941-1945 juist geweest is, moet de relatie van Exn met de vanuit de ingeschatte zonneschijngegevens bepaalde EQQ eenzelfde beeld opleveren.



Welnu, dit blijkt niet het geval te zijn. EQQ valt ten opzichte van Exn te groot uit, of met andere woorden: wederom duikt de wolk. Nu is het probleem niet om Exn gelijkwaardig te maken aan EQQ, maar juist andersom, om de ingeschatte zonneschijngegevens zodanig te corrigeren dat EQQ gelijkwaardig wordt aan Exn. Hier

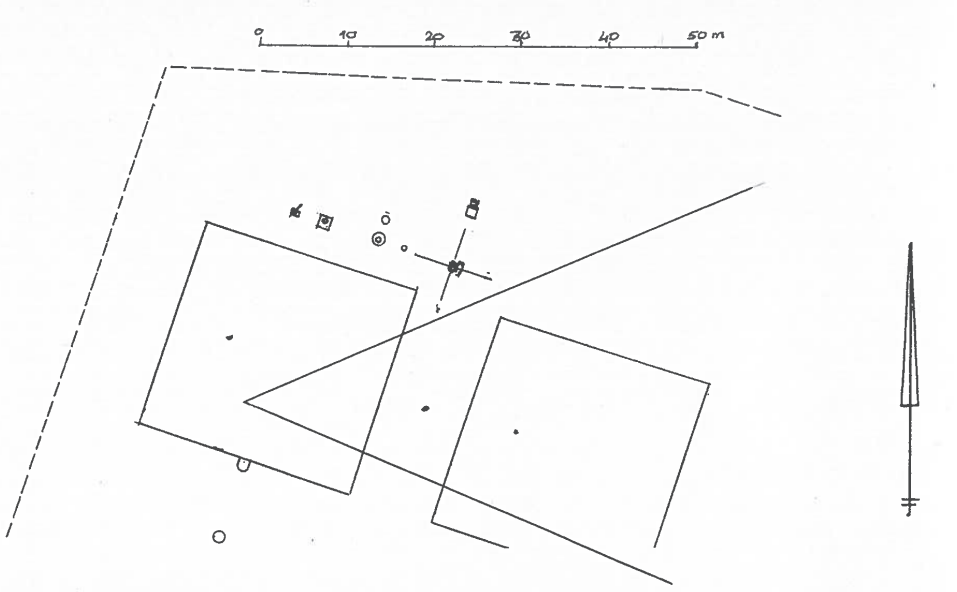
blijkt de wolk pas evenwichtig rond de 45gr-lijn terecht te komen, wanneer alle zonneschijngegevens gecorrigeerd worden met een factor 0.90. Ditmaal wordt de figuur dus niet opgerekt vanuit de abscis (vergroting van de ijkfactor in de formule voor bepaling Exn van 10,0 naar iets groters), maar wordt hij opgestuikt naar de ordinaat (aanleggen van correctiefactor 0.90 aan de globale straling). Het resultaat is:



Het valt me tegen dat mijn inschattingen niet minder dan 10% te hoog uitgekomen zijn. Nu pleegt Den Helder in het zomerhalfjaar inderdaad een paar procent meer zon te krijgen dan de omgeving van Castricum. Dat levert echter geen 10% verschil.

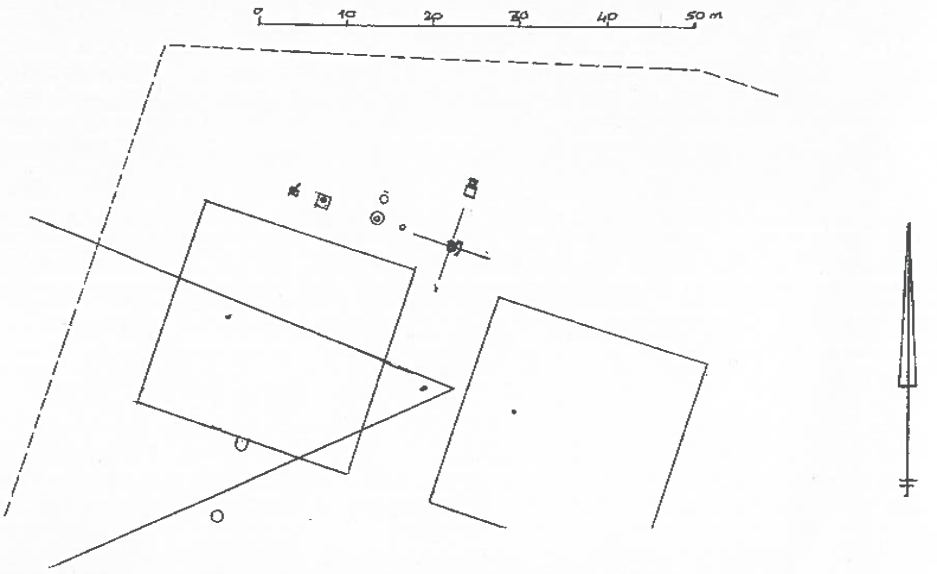
Ik houd het erop, dat Castricum wel eens te weinig zon zou kunnen registreren wanwege een niet onaanzienlijke horizonbedekking, zowel oostelijke als westelijk van de Campbell-Stokes. Bij de plaatsing van het instrument in juni 1945 zijn foto's genomen die dit vastgelegd hebben. Op het station Den Helder daarentegen, is de Campbell-Stokes opgesteld met volkomen vrij uitzicht op de horizon. Met de hier tevoorschijn gekomen correctiefactor 0,90 kan bewerkt worden dat de inschattingen voor de periode juni1941-mei1945, gelijkwaardig gemaakt worden aan de waarnemingen juni1945-december1971. Bij samenstelling van de grafiek op blz.12 is deze correctie reeds doorgevoerd.



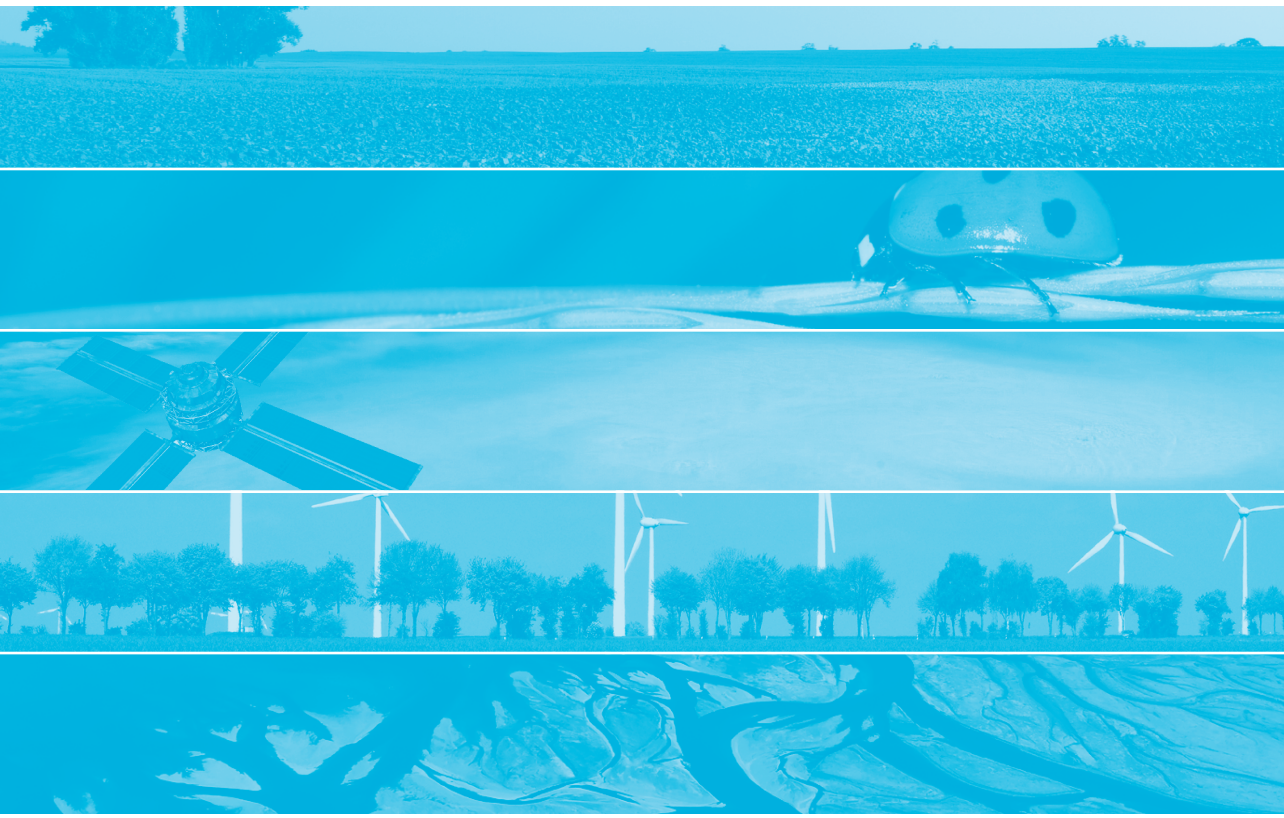


Plaatsing Campbell-Stokes, begin juni 1945.
Deze en volgende foto dienen voor het vastleggen van de horizonbedekking. Hier de oostelijke horizon (zonsopkomst). Voor de klimatologie is deze foto overigen maar matig bruikbaar, omdat hij veel te ver achter de Campbell-Stokes genomen is. (film-0)





Plaatsing Campbell-Stokes, begin juni 1945.
Deze en vorige foto dienen voor het vastleggen van de horizonbedekking. Hier de westelijke horizon (zonsondergang). De peilbuis in lysimeter-1 staat nog rechts op de foto. Links, op de deksel van de verzamelput, is wat bagage weggezet. Het zadeldak rechts behoort toe aan een gebouwtje in de richting van het oude pompstation. (film-0)



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is hèt kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl