

Nederlandsch Boschbouw-Tijdschrift

Orgaan van de
Nederlandsche Boschbouwvereniging

Oprichter Dr. J. R. Beversluis

4e Jaargang

No. 9

September 1931

Oorspronkelijke Bijdragen

DE CYCLOON ALS DYNAMISCH VERSCHIJNSEL EN MOGELIJKE OORZAAK VAN HET ONTSTAAN VAN ZANDVERSTUIVINGEN

door Prof. Ir. J. H. THAL LARSEN.

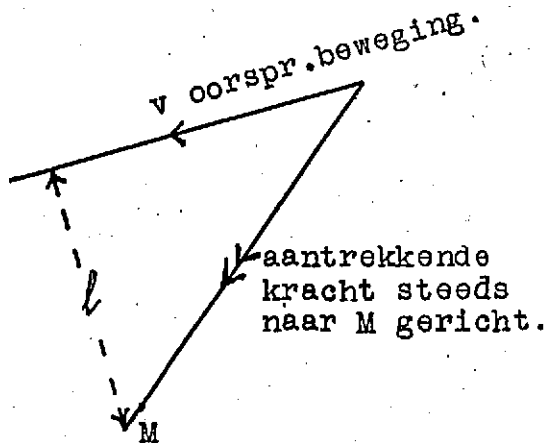
Voordracht gehouden voor de Nederlandsche Boschbouwvereniging
te Doetinchem op 29 Mei 1931.

Zoals de titel luidt, zal hier voornamelijk over windhoozen als dynamisch verschijnsel worden gesproken en de meteorologische oorzaak van het ontstaan alleen voor zoover noodig worden aangeroerd.

Ik wil beginnen met het verschijnsel, dat U allen bekend is, wanneer water door een tamelijk nauwe ronde opening in den bodem van een bak wegloopt, n.l. het ontstaan van een draaikolk.

Dit verschijnsel zal niet altijd optreden onder overigens gelijke omstandigheden voor de uitstrooming. De uitstrooming is ook zeer goed mogelijk zonder draaikolk. Het ontstaan van een draaikolk onder de beschouwde omstandigheden is een toevalligheid; gevolg van de groote bewegelijkheid van de vloeistof. Door den geringen wrijvingsweerstand, die de waterdeeltjes op elkaar uitoefenen, ontstaat bij strooming met niet te kleine snelheden ergens boven de uitstroomingsopening zeer gemakkelijk een begin van een draaiende beweging en hieruit ontwikkelt zich met toenemende snelheid een spiraalvormige beweging, tengevolge van de versterking, welke een niet geheel symmetrische beweging krachtens de wet van het behoud van moment van hoeveelheid van beweging — van hoeveelheid van „draaiing” — ondergaat. Want, wanneer een vloeistofdeeltje zich alleen bevindt onder den invloed van naar een centrum gerichte krachten en de beweging is oorspronkelijk niet naar 't centrum gericht, dan zal het product van de snelheid v en de loodlijn l een constante waarde behouden. Naarmate het lichaam of vloeistofdeeltje dichter bij M komt, wordt l kleiner en moet v dus grooter worden.

Lucht en gasen nu, volgen de zelfde wetten van evenwicht



en beweging als vloeistoffen. Alleen zijn zij samendrukbaar en worden in de hydromechanica elastische vloeistoffen genoemd.

De moleculen van een gas zijn geheel buiten elkaars aantrekkingsfeer geraakt en bezitten dientengevolge een nog veel grootere bewegelijkheid dan bij vloeistoffen. Dientengevolge treden bij de luchtbevestigingsverschijnselen veel grootere snelheden op dan bij vloeistoffen.

Dit is ook het geval bij de wervelbewegingen die in den dampkring voorkomen. Deze luchtwervel en windhoopen ontstaan daar, waar een deel van een luchtlaag in een andere wil dringen om een door verwarming of door afkoeling van grenslagen verstoord evenwicht in dichtheid te herstellen. Zoolang er eenige wind is, geschiedt die menging voortdurend onmerkbaar of in den vorm van zwakke luchtwervelingen, die zich vooral zomers kenbaar maken door de draaiende beweging van dorre bladeren. Een ieder zal zich zulke luchtwervels op zonnige warme dagen in 't bosch wel herinneren.

Geheel anders wordt 't echter bij windstilte en wanneer dan bovendien de dampkring vochtig is. Deze wordt direct door de zon verwarmd in sterkere mate dan wanneer bij een droge lucht de verwarming indirect geschiedt van het verwarmde aardoppervlak uit. Waterdamp houdende lucht is verder soortelijk lichter dan droge lucht en heeft dus daardoor al meer neiging tot opstijgen.

Wanneer droge lucht opstijgt, koelt ze af door uitzetting en valt dan door een hooger soortelijk gewicht dan die in de bovenlaag, waarin ze bezig was door te dringen, weer terug. In droge lucht is het evenwicht dus vrij stabiel, zoolang de temperatuurval naar boven maar geringer is dan de daling in temperatuur, die de lucht ondergaat bij opstijging. Vochtige lucht nu is, zooals reeds gezegd, niet alleen soortelijk lichter,

maar koelt bij opstijging veel minder af dan droge lucht, omdat daarbij condensatie van waterdamp plaats heeft en dus warmte vrij komt.

Er is dus op een warmen zomerdag bij een vochtige atmosfeer een drievoudige oorzaak voor een krachtige opstijging van lucht, n.l. de intensieve directe verwarming van de lagere luchtlagen, de groote soortelijke lichtheid van deze verwarmde lucht en de geringere afkoeling tengevolge van condensatie. Komt nu daarbij nog een koude wind de hoogere luchtlagen sterk afkoelen na een dag van windstijle, dan wordt het labiel evenwicht in de atmosfeer door de geringste, niet aanwijsbare oorzaak verstoord.

Zoo joeg op 10 Aug. 1925 Z.W. van ons land een sterke koude bovenwind over een bijzonder warme en vochtige onderlaag en bracht deze in beroering, zooals een watervlak door den wind in golving geraakt. Deze beweging schoof zeer snel Oostwaarts en boven het Z.W. van Brabant, waar het den vorigen dag reeds zwaar geregend had en de dampkring vochtiger moet zijn geweest dan elders, kwam het tot een doorbraak. Zoo ontstonden de hoozen, die van Tilburg tot Denemarken voortijlden, doordat de snel voortschrijdende bovenwind de eenmaal ontstane werveling meesleurde.

Ten einde het effect te begrijpen van zoo'n wervelbeweging, dienen wij dit dynamisch verschijnsel nader te bekijken en wel eigent zich daartoe in de eerste plaats de demonstratie met behulp van het toestel, dat U voor U ziet.

Aan een kleine electromotor van ca $\frac{1}{16}$ P.K. hangt aan een verticale as een schoepenrad, bestaande uit 4 vlakke verticale bladen binnen een cylindermantel, dat tot 2500 omwentelingen per minuut kan maken. Brengt men dit molentje op een bepaalde hoogte boven een wateroppervlak tot draaiing, dan ziet men een waterhoosje ontstaan op dezelfde wijze als op zee waterhoozen ontstaan waar een cycloon het wateroppervlak raakt.

Hoe is het oprijzen van zoo'n waterzuil te verklaren?

Om dit te kunen doen moet ik voor eenige oogenblikken Uw aandacht vragen voor een wet uit de bewegingsleer van vloeistoffen, die voor een z.g. stroomlijnen-beweging de betrekking aangeeft, welke er voor elk punt in de baan van een vloeistofdeeltje bestaat tusschen de snelheid van dat vloeistofdeeltje en de druk waaraan het onderworpen is. Wanneer men ter vereenvoudiging van de voorstelling afziet van het geringe hoogteverschil tusschen de punten in een stroombaan t.o.v. een waterpasnulpvlak, dan komt die grondwet van de bewegingsleer, d.i. de wet van Bernouilli hierop neer, dat de snelheid en de druk voor elk punt complementaire grootheden zijn, d.w.z. dat de druk in een stroomende vloeistof kleiner is naarmate de snelheid in 't punt grooter is.

Zonder deze wet precies geformuleerd te kennen past een ieder die onbewust toe wanneer hij uit de isobaren van een weerkaartje, d.i. uit een overzichtelijk beeld van het verloop van den atmosferischen druk, zich een globaal denkbeeld vormt van de weersgesteldheid t.o.v. den wind. Hij weet, dat een gebied van bijzonder lage druk ingesloten door isobaren van toenemend hoogere druk een stormcentrum beteekent en dat in gebieden van hooge druk nagenoeg geen wind heerscht.

Deze begrippen berusten dus feitelijk op de genoemde wet, want die wet geldt ook voor gassen, die zooals ik reeds zei, als elastische vloeistoffen zijn te beschouwen. De genoemde betrekking tusschen snelheid en druk laat zich uit de wet van behoud van arbeidsvermogen verklaren, want het beteekent niet anders dan dat arbeidsvermogen van plaats wordt omgezet in arbeidsvermogen van beweging of anders gezegd, dat drukhoogte wordt omgezet in snelheid of 't omgekeerde.

Nu gaat die wet wel is waar niet geheel meer op voor wervelstromingen, doch zij is toch de uitdrukking van een beginsel, dat zich ook in een wervelstrooming nog eenigermate doet gelden.

Wij zullen daarom eens zien, wat uit de analytische formuleering valt af te leiden.

Noemen wij:

Z de hoogte van een punt in een stroomlijn boven een waterpasnulpvlak;

$\frac{p}{\gamma}$ = de drukhoogte in 't punt, waarin γ de dichtheid van

de lucht beteekent, en

$\frac{v^2}{2g}$ = de valhoogte behorende bij de snelheid, die de vloeistofdeeltjes in 't punt bezitten, dan geldt de betrekking

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} = \text{constant}$$

Verwaarloozen we, als gezegd, het geringe hoogteverschil tusschen 2 punten, dan wordt die betrekking

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

of anders geschreven

$$\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma}$$

waarin $v_2 > v_1$

Hetgeen nu uit deze vergelijking volgt is dit :

Wanneer het verschil in snelheid zeer groot is, kan het verschil in druk, dat door het 2e lid van de vergelijking wordt

uitgedrukt, alleen dan daaraan gelijk zijn, als $\frac{p_2}{\gamma}$ negatief

wordt, omdat $\frac{p_1}{\gamma}$ in het geval van een luchtstroming in

onze dampkring niet meer dan één atmosfeer kan zijn. Door een alledaagsche analogie zal dit U duidelijk worden : als Jan n.l. slechts 10 gulden bezit en toch 15 gulden rijker is dan Piet, dan moet deze 5 gulden schuld hebben.

Bij een luchtventrekt dat dus hierop neer, dat wanneer heden ontwikkelen, de luchtdruk ter plaatse van die cirkelvormige beweging zeer klein wordt en wel negatief, d.w.z. er ontstaat in de kern van de hoos een vacuum.

Dit begrip negatief is hier zoo op te vatten, dat zoodra de luchtdruk kleiner is dan die van onze atmosfeer, hij beneden de oorsprong van de coördinatie valt en dus mathematisch negatief is. Dit beteekent, dat waar een luchtwerfel het aard- of zee-oppervlak raakt, onder den aandrang van de toestroomende lucht alles wat zich juist in die kern bevindt en geen omhullende kan bieden, omhoog wordt gedrukt, terwijl de omhullende werfelwind zijn verwoestingen aanricht door neer te slaan wat getroffen wordt.

Verheft de slurf van een windhoos zich weer een eind boven het aard- of zee-oppervlak, dan houdt de opzuigende werking op.

Binnen de luchtwervels, die met behulp van het toestel in den waterdamp werden te voorschijn geroepen, was de kern zichtbaar en een waterhoosje. Dat dit waterhoosje uitsluitend onder de werking van de luchtwerfel ontstaat, d.w.z. tengevolge van het hierdoor veroorzaakte verschil in luchtdruk, blijkt uit een proef met een schoepencylinder met scheeve vlakken, die dus als een luchtschroef werkt. Hoewel deze luchtschroef de lucht omhoog zuigt, ziet men het waterhoosje niet verschijnen.

Welke uitwerking nu een windhoos op het aardoppervlak kan hebben, daarvan geeft de volgende beschrijving van het

Kon. Ned. Meteorol. Instituut aangaande de beruchte wervelstorm op 1 Juni 1927 een illustratie :

„Het natuurverschijnsel, dat den 1sten Juni in den Achterhoek van Gelderland en Twente zijn spoor van geweldige verwoesting heeft achtergelaten, draagt geheel het karakter van een windhoos, maar een van buitengewone afmetingen en intensiteit. Het oordeel van personen, die de verwoestingen hebben gezien welke vroeger te Borculo zijn aangericht, luidt eenstemmig, dat de kracht van deze hoos grooter is geweest dan van de vroegere. Waren toen voornamelijk de daken vernield, nu ziet men in de zône van de sterkste verwoesting vrijwel alles platgedrukt. Alle boomen liggen in Zuid-Noordelijke richting tegen den grond en de huizen zijn met muren en al in de richting van de stormbaan tegen den grond geslagen.

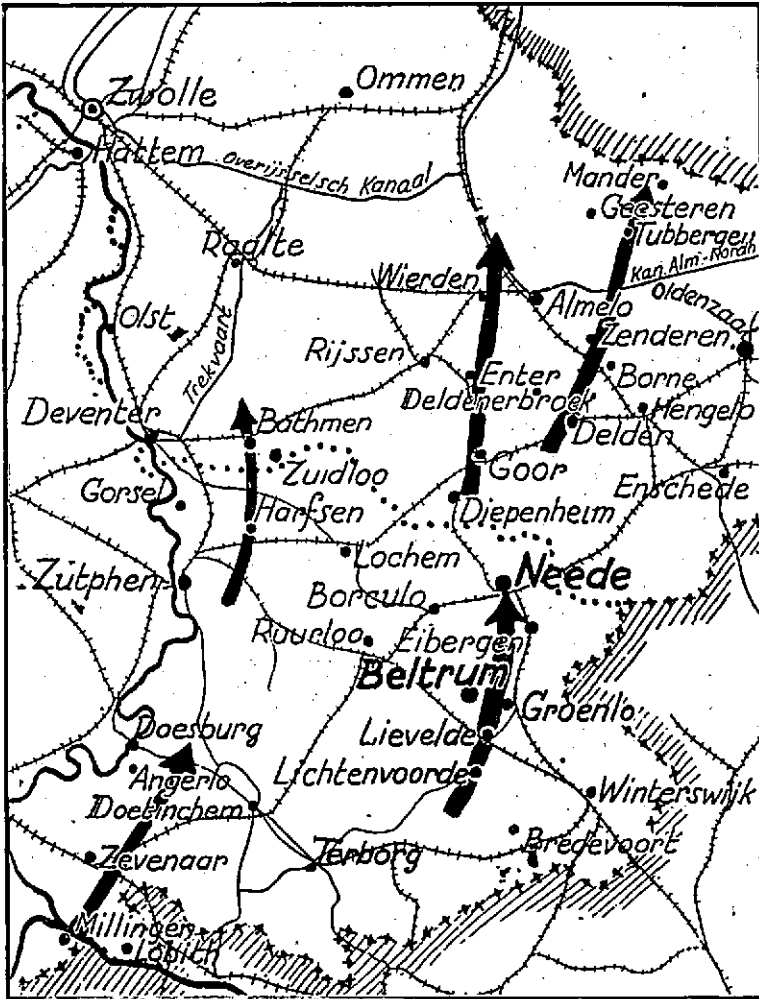
Volgens ooggetuigen had de hoos de gewone slurfvormige gedaante en er was duidelijk een draaiing om een verticale as, tegengesteld aan de richting van de wijzers van een uurwerk, te onderkennen. Nu eens kon men onder de donkere zuil door de lichte lucht zien, dan weer raakte de slurf den grond, geheel in overeenstemming met het feit, dat tusschen de verwoeste gedeelten de baan zich niet of slechts onduidelijk heeft afgeteekend, doordat de hoos zich van den grond heeft losgemaakt.

Het spoor loopt in een rechte lijn van een punt ten Zuiden van Lichtenvoorde, dicht ten Oosten van die plaats langs, voorts vlak ten Oosten langs het station te Neede, om dan veel verder naar het Noorden den weg van Delden naar Goor te kruisen op een punt ongeveer op $\frac{1}{3}$ van den afstand tusschen die beide plaatsen aan den kant van Delden.

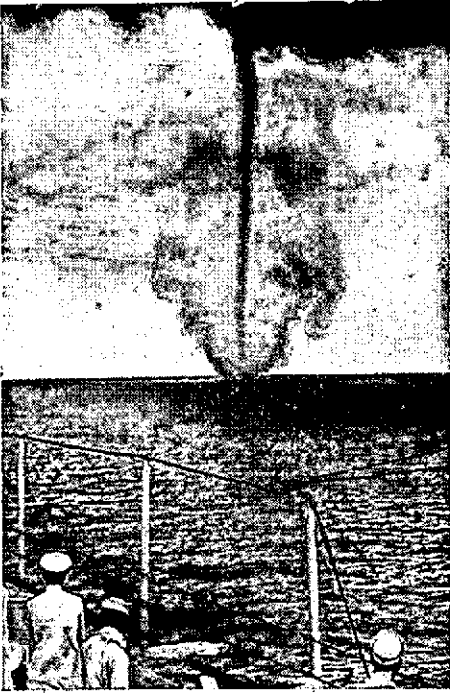
Waar de hoos het ergst heeft huisgehouden, loopt het spoor als een rechte, vuile, bruinzwarte, met modder en afbraak bedekte strook van ongeveer 100 m breedte het land door. In dit spoor liggen de huizen neergeslagen en de boomen met modder bedekt tegen den grond, geheel kaal, de bladeren afgerukt en afgescheurd.

De windrichting is in de vuile strook van de zwaarste verwoesting, voor zoover is na te gaan, overal Zuid geweest, samenvallende met de richting van de stormbaan.

Aan weerskanten van genoemde strook bevindt zich een zône van geringere beschadiging, waarin geen vuil op de voorwerpen te zien is. Deze zône breidt zich aan weerskanten van de middenstrook tot ongeveer 200 m breedte uit, zoodat de geheele breedte van het spoor ongeveer 500 m bedraagt, gedeeltelijk iets minder. Rechts van de strook zijn de boomen meestal iets naar binnen gevallen, wijzende op wind uit Z.Z.O. tot Z.O.-lijke richting. Aan den linker-rand der baan zijn de boomen over het algemeen eveneens naar binnen gevallen met ZW.-lijken tot W.-lijken wind.



1. Banen van den wervelstorm op 1 Juni 1927.



2. Windhoos in de Chinesche Zee.



3. Een dalende windhoos in N.-Amerika.



4. Dezelfde windhoos als 3 het aardoppervlak rakende.



5. Wervelstorm in Z. Dakota.



6. Duinkom op Terschelling.



7. Eilandje met oerbank in de zandverstuivingen tusschen Mossel en Otterloo.



8. Tafelilandje met dikke oerbanklaag tusschen Mossel en Otterloo.



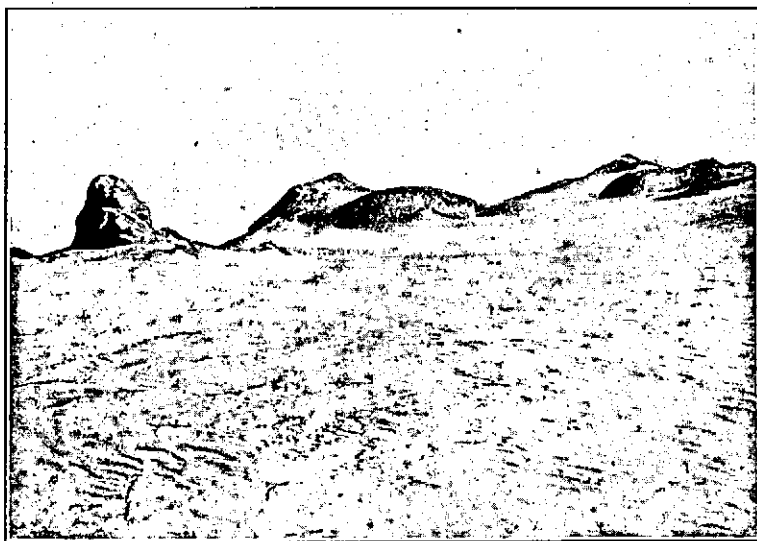
9. Tafelilandje met dunne oerbanklaag [tusschen Mossel en Otterloo.



10. Tafelilandje met dunne oerbanklaag tusschen [Mossel en Otterloo.



11. Overblijfselen van door corrosie afgebrokkelde tafel­eilandjes bij Koctwijk.



12. Erosiegeulen naast een tegen een dwarsrug opgestoven helling.

Op sommige punten kan men in de linkerhelft der baan boomen zien liggen, die aangeven, dat zij met N.W.-lijken en N.-lijken bevindt zijn gevallen, en aan den weg van Delden naar Goor bevindt zich een onbeschadigde streek van eenige meters tusschen de zône met Z.-lijken en die met N.-lijken wind, blijkbaar het betrekkelijk stille centrum van den wervel.

Deze waarnemingen zijn zeer goed in overeenstemming met de aanneming van een verticale wervel, die tegen de wijzers van een uurwerk in draait. Het modderspoor van de zwaarste verwoësting vormt dan de rechterflank van de wervelbaan, waar de algemeene windrichting en de wervelbaan elkaar versterken.

Althans te Neede vielen onweer en hagelslag niet met het overtrekken der hoos samen, maar gingen er aan vooraf".

Het lichtbeeld van het kaartje der getroffen streek met de banen, waarlangs de verwoëstingen werden aangericht, doet zien, waar de slurf het aardoppervlak raakte om zich daartusschen in en daarbuiten weer te verheffen.

In de gegeven beschrijving vindt men voldoende aanwijzingen omtrent de hiervoor onderscheiden, tweeërlei soort werking van een windhoos. Zooals U zoo juist vernomen heeft, was de werveling op 1 Juni 1927 links draaiend en bewoog de hoos zich onder den invloed van een Z.W. wind in N.O. richting. Aan den Oostkant van de hoos had dus een versterking plaats van de lineaire door de ronddraaiende beweging en moet de windkracht dus ongeveer aan de N.O.-zijde van den cycloonmantel zijn maximum hebben bereikt. Vandaar de iets naar binnen gevallen boomen als door een Z.O. wind neergeslagen aan de rechterflank van de wervelbaan. Aan de linkerzijde daarentegen ging de draaiende beweging tegen den Z.W. wind in, doch deze was uiteraard veel zwakker dan de eerste en de resulterende kracht kwam uit N. richting.

Hoe grillig het bewegingsverschijnsel optreedt en hoe wonderlijk schijnend zijn uitwerking kan zijn, daarvan geven de volgende citaten uit een verslag in de N. R. courant van 2 Juni 1927, Avondblad C, eenige sprekende voorbeelden.

„Dicht bij deze locomotievenloods hebben twee noodwoningen gestaan. Van deze was vanmorgen in het geheel niets meer te vinden. Waar eens de kamers waren, liggen nu wat hout en wat spaanders, in het midden prijkt nog een naaimachine. Een eind verder ligt ongeschonden een theekopje van het kinderserviesje van het verongelukte meisje.

Een weinig Zuidelijker dan de plaats, waar de noodwoningen hebben gestaan, was de plaats van een klein steenen boerenhuisje. Het dak, de voorgevel en een gedeelte van de zijmuren zijn weggeslagen. Het meubilair staat in de open lucht, en het geheel lijkt op een speelgoedkamertje. In de kast naast de schouw prijkt nog het servies, de ruiten van

de kast zijn nog heel; een aarden trekpot staat heel op de tafel, maar er naast liggen steenen van den gevel en een gebroken dakpan".

„Een paar kilometer verder naar Eibergen ging een weg Westwaarts terug naar Borculo. Over dezen weg gaande, krijgt men een goeden indruk van den lokalen aard van den wervelwind. Op het eerste deel van dezen weg bemerkt men niets van de stormramp. Maar dan opeens heeft men den weg, welken het geweld nam, weer bereikt, ziet men weer neergebeukte boomen, van hun daken beroofde huizen en platgeslagen gewas, en weer een eind verder is het opnieuw voorbij, is alles nog intact.

De weg van Neede naar Haaksbergen heeft nog meer geleden; daar zijn nog meer boomen ontworteld. Sommige boomen, die heel stevig in den grond zaten, zijn door den stormwind in het rond gewrongen, zoodat de schors is gearsten en meters ver is weggespat; van enkele dezer is de stam in spaanders gespleten".

Ter illustratie toon ik U eenige merkwaardige opnamen van windhoizen die aan de Redactie van de Wereldkroniek te danken zijn. Het eerste beeld is waargenomen van een Japansch oorlogschip in de Chineesche zee. Zooals U ziet, heeft het benedeneinde van de slurf het wateroppervlak nog niet geraakt en er is dan ook geen waterhoos te zien. Overigens valt uit den loodrechten stand van de windhoos op te merken, dat de doorbraak hier ongeveer bij windstilte plaats vond.

Het 2e en 3e beeld toonen ons ééNZelfde windhoos in N. Amerika en de beelde bewogen. Onmiddellijk daarna begon de verwoesting. Ook hier een weinig bewogen bovenlucht en de hoos duidelijk trechtvormig.

Geheel anders is het beeld van een in Juli 1928 in Zuid-Dakota door een dame gekiekte wervelstorm, die op 5 km van hare woning uit een zwarte wolk neerdaalde. Men ziet hoe de slurf door een storm wordt meegevoerd en tengevolge van het versterken van de omwentelings-energie tot een veel dunnere vorm als 't ware is gewrongen dan in de voorafgegane beelden. Deze windhoos legde ongeveer 3200 m in 2 minuten af, d.i. dus 1600 m per minuut. De uitwerking van deze tornado was verschrikkelijk.

De aanleiding om tusschen windhoizen en zandverstuivingen de mogelijkheid van een oorzakelijk verband te vermoeden, was een wandeling door de zandverstuivingen tusschen Otterlo en Mossel, waarbij mij de begroeide eilandjes, hier en daar in bepaalden tafelvorm met sterk uitstekende heidemat te midden van de zandgeulen opvielen door het grillig verspringend verband hunner ligging. Hierdoor toch leek het onwaarschijnlijk dat zelfs een orkaan, doch in één bepaalde richting waaierende, het vegetatiedek met de oerbank-

laag, die er veelal onder zit, op deze grillige wijze zou hebben kunnen aantasten, en de mechanische oorzaak zou hebben kunnen zijn van het verdwijnen van heele stukken heide en andere begroeiing. Meer waarschijnlijk kwam het voor, dat in eerste instantie wervelstormen en windhoozen zulke grillig verloopende verwoestingen kunnen aanrichten en dat daarna lineaire luchtstroomen, door uitwaaiing van de geulen, het verstuiwingsproces zijn begonnen en het kleiner worden en ten slotte geheel verdwijnen van de eilandjes hebben bevorderd.

De omstandigheid, dat de zandverstuivingen voornamelijk in schaars bevolkte streken voorkomen, kan een verklaring er voor zijn dat waarnemingen omtrent het voorkomen van hoozen op deze plaatsen tot dusverre ontbreken. De uitgestrekte, ononderbroken, ver van de kust met zijn zeewinden af gelegen, heidevlakten bieden althans voor het ontstaan van hoozen een gunstige gelegenheid.

Bekijken wij, alvorens ons met de zandverstuivingen bezig te houden, het beeld van een duinkommetje, dat op het eiland Terschelling werd gefotografeerd, dan dringt zich de gedachte aan ons op dat het vegetatiedek hier zeer plaatselijk werd *uitgerukt*. Immers als deze kom door uitwaaiing zou zijn ontstaan, zou aan een van de korte einden van het ovaal een walletje van uitgestoven zand te zien moeten zijn, waarvan elk spoor ontbreekt.

De volgende 4 beelden doen tafeleilandjes zien te midden van de zandverstuivingen tusschen Mossel en Otterlo en één bij Kootwijk. Is de oerbank dik, zooals op de eerste twee plaatjes, dan biedt de rand lang weerstand tegen afbrokkeling en verstuiwing; is die laag slechts dun, dan zien we weldra de uitholling van de randen door verstuiwing van het zand er onder. Wat er dan van de eilandjes op den langen duur overblijft, toonen ons 2 beelden uit de Kootwijksche zandverstuivingen, waarvan het laatste een diepe uitgewaaide geul doet zien met daarnaast een opgestoven helling tegen een barriere, die ongeveer dwars op de heerschende windrichting loopt. De omstandigheid, dat zoo'n rug in stormen in het minst niet erodeert terwijl daarnaast een diepe geul is uitgewaaid, wijst er, dunkt mij, op, dat deze niet door een lineaire luchtstrooming is ontstaan; wel verdiept door de persing van den wind in de nauwe opening.

In het werk „De zandverstuivingen bij Kootwijk in woord en beeld” vindt men in hoofdstuk I van het door wijlen den directeur van het Rijksboschbouwproefstation E. Hesse-link bewerkte deel als oorzaken voor het ontstaan genoemd „uitlooging en bankvorming in de geulen, uitdroging der geulen, achteruitgang van de vegetatie en verstuiwing door den mensch in de hand gewerkt”.

Aanvankelijk heeft de schrijver in de meening verkeerd, dat de zandverstuivingen op ruggen gelegen waren en de begroeide strooken in de dalen, die zich ongeveer van het N.O. naar het Z.W. over de Veluwe uitstrekken en dat de ruggen door een gering vochtgehalte eenvoudig aan uitdroging en daarna verstuiving waren blootgesteld. Opmetingen toonden echter aan, dat juist de heidestrooken op ruggen gelegen zijn en de verstuivingen in de dalen.

Dit leidde tot het zoeken naar een andere verklaring, en wel deze dat uitlooging en humus-zandsteenvorming ten gevolge van het winterwater, dat van het Oosten naar het Westen zich een weg zocht door de geulen, en ten slotte uitdroging aan het verstuivingsproces moeten zijn vooraf gegaan.

„Deze verandering in den bodem is van groote beteekenis voor de planten. Uit den aard der zaak was de vochtvoorziening en voeding der planten op den open grond van de heiderug veel beter dan in den uitgeloochten grond van de geul. Bovendien droogt de grond hier boven de oerbank snel uit, zonder dat de planten hare wortels in diepere lagen konden uitbreiden om daar het noodige vocht op te nemen. De plantengroei zal daardoor in de geul, naar mate de uitlooging van den bodem toenam, geleidelijk armer zijn geworden in vergelijking met die op de heidestrook Essen-Hoog Buurlo.

Het ligt dan ook voor de hand, dat de *aanleiding* tot verstuiven in terreinen met loodzand en oerbank in sterkere mate aanwezig is dan in de nevenliggende perceelen met z.g. „open grond”. Het behoeft dan ook niet te verwonderen, dat de verstuiving optrad in de geul. Zoodra hier de minerale grond bloot kwam, bij karresporen, plaggehakken en konijnsholen, kreeg de wind aangrijpingspunten en kon de zandverplaatsing in droge tijden snel voortgang hebben.

De snelle uitbreiding der verstuivingen is stellig mede te wijten aan handelingen van de bevolking”.

Onmiddellijk daarop lezen wij :

„In de terreinen ten Westen van het stuifzandgebied zijn de geulen en ruggen, waarvan hierboven sprake was, ook terug te vinden. Waarom vinden we hier geen verstuivingen in de geulen? Zeer waarschijnlijk is dit het gevolg van het veel kleinere verval, zoodat de waterafvoer zeer langzaam was en zich een moerasvegetatie kon ontwikkelen, waardoor zooveel water werd vastgehouden, dat in droge tijden de grond niet uitdorde”.

In hoeverre de bedoelde uitlooging door het winterwater geologisch is vastgesteld, en dat ten Westen van de lijn Harskamp-Essen-Stroe uitlooging tengevolge van het geringere terreinverhang niet heeft plaats gehad, is niet medegedeeld. In de geologische bijdrage van Dr. Ir. J. T e s c h vinden we aan het slot alleen, dat ten Westen van de ge-

noemde lijn het fluvio-glaciaal, dat het hoogterras der Veluwe bedekt, onder de postglaciale dalopvulling der Geldersche vallei, het laagterras, wegduikt.

Nemen we niettemin aan, dat in de erosiegeulen van het hoogterras inderdaad de uitlooling en uitdroging heeft plaats gehad, die bevorderlijk moet zijn geweest voor de vernietiging van het plantendek, dan moeten we het ontstaan der verstuingen zelf nog verklaren. Want het uitwaaien van karresporen of gaten van plaggenhakken en konijnsholen alleen lijkt voor dat ontstaan op zoo groote schaal geen voldoende verklaring.

Bedenkt men daarentegen, dat de stormbanen van windhoozen een niet geringe kans hebben met een erosiegeul samen te vallen, omdat op ruggen de dampkring lichter in beweging geraakt dan in een dal en dat alleen een toevallig samentreffen van factoren in den dampkring het ontstaan van windhoozen bepaalt, dan lijkt het niet gewaagd in zulk een accidenteel en grillig optredend natuurverschijnsel de verklaring te zoeken voor een even wisselvallig voorkomend verschijnsel als de zandverstuingen zijn.

Aanvankelijk beoogde ik ook het ontstaan van sommige vennen in deze beschouwingen op te nemen, doch dit onderwerp zou welhaast een afzonderlijke bespreking eischen, doordat zich daarbij ook geologische kwesties voordoen. Toch meen ik, alvorens te eindigen, van de vennen in 't kort nog wel iets te kunnen zeggen, zonder van Uw aandacht te veel te vergen.

Het is U natuurlijk bekend dat de in 1924 overleden geoloog Dr. J. Lorié bij herhaling, voornamelijk in de Verhandelingen van het Geol. Mijnbouwk. Genootschap, de opvatting heeft verdedigd, dat de vennen van Oisterwijk in Noord-Brabant meerendeels ontstaan zouden zijn uit afgesnoerde beekarmen op de zand- en grindkegels van de wilde wateren in den ijstijd, waaruit tenslotte de Maas ontstond. Door verheffing van den bodem zouden dan die holten geheel of gedeeltelijk droog zijn komen te liggen en de overheerschende winden ze verder door uitwaaiing hebben uitgediept. Door een daarop gevolgde daling van het aardoppervlak wordt ten slotte het feit verklaard, dat die vennen met water zijn gevuld.

Afgescheiden van het feit, dat de hier aangenomen verheffing van het aardoppervlak wel mogelijk maar niet aangetoond is, lijkt het niet waarschijnlijk, dat een tegelijk met de omringende terreinen opgeheven beekbed, dat dus als een holte blijft bestaan, door den wind zou kunnen worden uitgediept. Want zulke kommen zouden gedeeltelijk nog met water gevuld moeten zijn gebleven of ten minste zoo vochtig hebben moeten zijn, dat de plantengroei zich hier het eerst en op zijn weligst had moeten ontwikkelen.

L-orié heeft zelf op verschillende „moeilijkheden” gewezen om zijn verklaring voor het ontstaan van vennen te kunnen handhaven, zelfs constateerde hij ten slotte ook het bestaan van een ven, waar zijn hypothese hem geheel in den steek liet.

Het wil mij voorkomen, dat men ook t.o.v. de vennen, voor zoover die blijkens de zandwallen in den N.W. hoek voornamelijk door uitwaaiing zijn gevormd, dichter bij de werkelijkheid komt, wanneer de oorzaak van het ontstaan wordt gezocht in windhoezen, die het eerste gat in het aardoppervlak hebben geslagen.

Daarnaast zijn tal van vennen, n.l. die aan geen enkele zijde door stuifwallen zijn omgeven, die meerendeels oude afgesnoerde beekbeddingen zijn op delta- of neerslagkegels en andere, die ongetwijfeld door uitgraving zijn gevormd. Deze beide soorten vennen vallen uiteraard geheel buiten het onderwerp mijner beschouwingen.
