

# Winderosie- en bodemonderzoek met behulp van een windtunnel

*D. J. C. KNOTTNERUS*

*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.)*

# Winderosie- en bodemonderzoek met behulp van een windtunnel

D. J. C. KNOTTNERUS

*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.)*

*English summary see p. 95*

## Inleiding

Winderosie is een vorm van aantasting van het grondoppervlak waarbij door een luchtstroom (wind) gronddeeltjes worden weggeblazen. Deze soort erosie doet zich vaak in het groot voor in aride gebieden, waar door de geringe regenval de vegetatie schaars, het grondoppervlak droog en de binding tussen de zandkorrels gering is of geheel ontbreekt. Hierdoor heeft de wind min of meer vrij spel met de grond en kunnen verstuivingen ontstaan, bijv. zandstormen in de woestijnen. Ook in minder droge en zelfs in humide klimaten kunnen verstuivingen optreden onder daarvoor geschikte omstandigheden, zoals sterk drogend weer, een voldoende sterke wind en een verstufbaar grondoppervlak.

Een groot deel van het oppervlak van Nederland bestaat uit gronden die stuifgevoelig zijn. Dit zijn in het algemeen de zand- en dalgronden (het grootste deel van het oppervlak), de in cultuur gebrachte duinzanden aan de westkust, en enkele gronden van mariene oorsprong. Generaliserend mag worden gezegd dat het korrelmateriaal van de bovenste laag van deze gronden meestal een afzetting is van door de lucht aangevoerd, elders verstoven zand; het zijn grotendeels dekzanden.

Afhankelijk van de windsnelheid gedurende de periode van afzetting kan het korrelmateriaal kleine verschillen in diameter vertonen. Het is dus door de wind geselecteerd en dientengevolge bijzonder gevoelig voor winderosie als het grondoppervlak onbedekt ligt, weinig of geen bindende bestanddelen aanwezig zijn en de weersomstandigheden gedurende enige tijd voor stuiven optimaal zijn. Deze toestand van bodem en weer doet zich in ons land nogal eens voor in de maanden januari t/m april bij schraal, sterk drogend weer met harde, vaak oostelijke winden. Vele gronden liggen dan praktisch braak, omdat er juist is of nog moet worden gezaaid of gepoot, terwijl een bedekking door wintergewassen ook niet altijd voldoende bescherming biedt.

## Stuifgevoeligheid van zand- en dalgronden

Bepalend voor de stuifgevoeligheid van deze gron-

den zijn hun textuur en structuur. Belangrijk zijn het percentage losse zandkorrels met diameters van 100—500  $\mu\text{m}$  en het percentage aggregaten (deeltjes bestaande uit aaneengekitte korrels) in grootten van ca. 200—1200  $\mu\text{m}$  diameter (1). Naarmate meer van deze korrels en/of aggregaten, die zich bij het stuiven sprongsgewijs bewegen, in een grond aanwezig zijn, des te stuifgevoeliger is deze. Bij een verstuiving bepaalt de hoeveelheid van deze deeltjes hoofdzakelijk het grondverlies. Ook zijn ze voornamelijk verantwoordelijk voor de schade aan planten toegebracht door de zandstraalwerking die ze uitoefenen.



Fig. 1 Verstuiving in de omgeving van Noordlaren, maart 1969. Verstoven organisch materiaal afgezet op sneeuw tegen een slootwal.

*Fig. 1 Organic material blown from a sandy soil and settled on a snow layer in a ditch (Noordlaren, March 1969).*

De zandkorreltjes en de fijne aggregaatjes, resp. met een diameter kleiner dan 100 en ca. 200  $\mu\text{m}$ , en de zeer fijne deeltjes organisch materiaal verplaatsen zich bij het stuiven niet altijd in de nabijheid van het grondoppervlak, maar vaak als stofwolken op wat grotere hoogte; ze kunnen soms over grote afstand worden verplaatst. Een enkele maal komt dit bewegingstype op bijzondere wijze naar voren. In maart 1969 was de drooggevroren bovengrond bedekt met een dun sneeuwlaagje. Er traden verstuingen op waarbij eerst het laagje sneeuw wegstoof; hierna werd het droge grondoppervlak geërodeerd. Tijdens het stuiven sneeuwde het nu en dan. In luwten werd het fijne grondmateriaal, gemengd met sneeuw, afgezet. Bij lichte dooi concentreerden zich de donker tot zwart gekleurde gronddeeltjes en staken fel af tegen de sneeuwonderlaag (fig. 1). Hoewel op deze wijze weinig grondverlies optreedt zijn het wel de meest waardevolle bestanddelen van de grond (humus) die zo verloren gaan.

#### Winderosiebestrijding

(1) *Verbetering van de aggregatie.* De organische stof en de fijnste delen van de zgn. leemfractie (< 50  $\mu\text{m}$ ) vervullen een belangrijke rol door hun bindende, d.w.z. aggregerende, eigenschappen. Korrels van 500—1000  $\mu\text{m}$  en aggregaten van 1200—2500  $\mu\text{m}$  diameter kunnen zich alleen rollend verplaatsen; grotere eenheden kunnen praktisch niet meer door windkracht worden voortbewogen. Verstuingen zouden dus sterk worden beperkt of geheel achterwege blijven, wanneer voldoende stevige aggregaten gemaakt zouden kunnen worden met diameters groter dan 2500 à 3000  $\mu\text{m}$ . Daartoe moet er in voldoende mate een geschikt bindmiddel in de grond aanwezig zijn, dat de zandkorrels aaneenkit tot niet-verstuivende aggregaten. Binding in de hier bedoelde gronden ontstaat meestal door organische stof. Uit schattingen en oriënterende proeven bleek, dat het gehalte aan organisch materiaal in een dalgrond op zijn minst 15 % moet zijn om verstuingen te voorkomen; bij zandgronden ligt dit getal in de orde van 7 %. Er zijn echter bij stuifgevoelige gronden, die doorgaans een relatief laag gehalte aan bindende organische stof bezitten, een zeer lange tijd en hoge giften organische mest nodig om dit gehalte zodanig te verhogen, dat door een verbeterde aggregatie geen winderosie meer kan plaatsvinden. Bij proeven in het laboratorium is het gelukt op korte termijn zand door middel van kunstmatige kitstoffen zodanig te aggregeren, dat het niet neer stuift en daarbij geschikt is om er gewassen op te verbouwen. Praktische toepassing in land- en tuinbouw is echter tot dusver vrijwel niet mogelijk wegens de hoge kosten van de behandeling.

Toepassingsmogelijkheden zijn er in principe al wel voor bepaalde civieltechnische werken, zoals opgespoten industrieterreinen, weglichamen e.d., die snel en eenmalig in gras moeten worden gelegd. In de praktijk geeft men hier echter meestal de voorkeur aan de goedkopere, in de volgende paragraaf besproken oppervlakkige behandeling.

(2) *Korstvormende middelen of mulchen.* Voorlopig lijkt het bedekken van stuifgevoelige gronden met een korst of een mulch de enige in de agrarische sector bruikbare bodemkundige bestrijdingsmethode van winderosie; deze bedekkingen moeten echter elk jaar opnieuw worden aangebracht. Vóór van toepassing van anti-stuifmiddelen in de praktijk sprake kan zijn, dienen ze eerst nauwkeurig op hun bruikbaarheid te worden onderzocht. Onder bruikbaarheid wordt hier o.a. verstaan het behouden van de goede werking van de bedekking tot het gewas de beschermende werking van het middel kan overnemen. Een bedekking moet dus weerstand kunnen bieden aan allerlei weersinvloeden, echter ook aan de schurende werking van stuivend zand. Verder mag het middel niet giftig zijn of een remmende werking hebben op de kieming van zaden en de groei van planten. Evenals bij de toepassing van aggregerende middelen speelt ook hier de vraag, of toepassing economisch verantwoord is. Tenslotte kunnen deze middelen pas in de handel worden gebracht, als er een ontheffing van het Meststoffenbesluit voor is verleend.

Naast het bedekken van het grondoppervlak met van elders aangevoerde materialen kan men ook een mulch ter plaatse laten ontstaan. In nazomer of najaar wordt dan een wintergraan, bijv. rogge, gezaaid. Op een tijdstip in nawinter of voorjaar wordt dit gewas doodgespoten met een geschikt sproeimiddel. De keuze van het tijdstip kan o.a. afhankelijk zijn van het cultuurgewas dat gezaaid of gepoot zal worden, en van de bedekkingsgraad die het roggegewas heeft. Bij de huidige inzichten geschiedt dit sproeien bij aardappelen kort voor het bovenkomen van de spruiten. Bieten worden in de groene rogge of in de dode mulch gezaaid. In het eerst genoemde geval kan van een noodmaatregel gesproken worden; het roggegewas, dat nog onvoldoende ontwikkeld wordt geacht, kan dan nog enige tijd doorgroeien tot het kort vóór het bovenkomen van de bieten wordt doodgesproeid.

Het dode gewas zal het stuifgevoelige zand moeten beschermen tegen winderosie, totdat aardappelen of bieten voldoende loof hebben gevormd om de bescherming van het grondoppervlak over te nemen. De wortelmasse van dit wintergraan dient in de eerste plaats om de mulch aan het grondoppervlak te verankeren en verder, ingeval de

loofmassa wat zou tegenvallen of de vertering van de dode mulch wat (te) snel zou verlopen, om het losse zand zoveel mogelijk bijeen te houden. De hoeveelheid zaaigran en, in het bijzonder, de zaaitijd van de rogge, spelen hierbij een belangrijke rol. Over de techniek van deze werkwijze en de kwantitatieve betekenis van gewas en mulch voor de bestrijding van verstuivingen wordt nog onderzoek gedaan (o.a. in de windtunnel).

(3) *Andere methoden.* Niet alleen door het grondoppervlak vast te leggen, maar ook door de windsnelheid bij het grondoppervlak te verlagen, kan winderosie worden bestreden. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van windsingels, kunstmatige schermen, strowissen of takkebossen, en strokenteelt. Het zijn alle cultuurmaatregelen die in ons land niet op zeer grote schaal worden toegepast. Windsingels kosten een hoeveelheid grondoppervlak en het nodige onderhoud, ze hinderen de mechanisatie en hebben nog andere nadelen. Of deze de voordelen al dan niet overtreffen, hangt van de lokale situatie af. De andere methoden voor windremming stuiten in de akkerbouw doorgaans op bedrijfstechnische of economische bezwaren. In de tuinbouw en bij civieltechnische en cultuurtechnische werken worden soms wel strowissen, takkebossen, kunstmatige schermen en bepaalde vormen van strokenteelt gebruikt.

#### Waarom bodemonderzoek met behulp van een windtunnel?

Nationaal gezien heeft ons land op het gebied van de verstuivingen geen grote problemen; regionaal echter worden in land- en tuinbouw vrij regelmatig de lasten van deze vorm van erosie ondervonden. Ook in de civieltechnische sector, o.a. bij de aanleg van wegen en het opspuiten van grote (zand)terreinen, kunnen zich verstuivingen voordoen. De schade is in de genoemde gevallen vaak aanzienlijk en de bestrijding van het euvel gaat soms met veel moeite en grote kosten gepaard. Een globale schatting van de jaarlijkse schade door winderosie bij land- en tuinbouw in ons land geeft een bedrag van gemiddeld 10 miljoen gulden, voor een typisch stuifjaar (bijv. 1947) tientallen miljoenen gulden. De grootte van de schade dwingt tot het doen van kwantitatief onderzoek naar de gevoeligheid van gronden voor verstuiwen en naar middelen en methoden om dit euvel te bestrijden.

Zowel te velde als in het laboratorium kan onderzoek plaatsvinden. Een van de hulpmiddelen is de windtunnel, waarmee men onafhankelijk wordt van toevallige omstandigheden en waarin men het naar willekeur kan laten stuiven. Verschillende

typen van tunnels zijn ontwikkeld, zowel transportabele voor onderzoek in het veld, als tunnels met vaste opstelling. In de landbouw wordt onderzoek door middel van een tunnel te velde bemoeilijkt, omdat een groot deel van de tijd het cultuurgewas de bodem bedekt. Ligt de grond braak, dan is hij vaak te vochtig en/of het vochtgehalte van de lucht is te hoog; in de volgende paragraaf zal hierop nader worden ingegaan. Verder vergt een dergelijke tunnel omvangrijke transportvoorzieningen. Deze bezwaren gelden niet voor een windtunnel met permanente opstelling in een gebouw.

Het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren beschikt als een der weinige instituten in West-Europa over een dergelijke windtunnel voor bodemkundig onderzoek in land- en tuinbouw. Door middel van deze tunnel is het mogelijk binnen korte tijd geïnformeerd te worden over de mate van stuifgevoeligheid van een bepaalde grond en over de wijze waarop deze grootte verandert onder invloed van verschillende behandelingen van de grond. Het verloop van erosieprocessen kan nauwkeurig worden waargenomen. Verder is een methode ontwikkeld om een grondoppervlak 'in natuurlijke ligging' in het windveld van de tunnel te onderzoeken. Ook kan de beschermende werking van een laag gewas worden beproefd. Tenslotte is het mogelijk om modelonderzoek betreffende windschermen (invloed van dichtheid, hoogte e.d. op het windveld) uit te voeren (2).

Tot nu toe is de meeste aandacht gegeven aan het onderzoek van korstvormende anti-erosiemiddelen. Hierbij is nl. de kans het grootst, dat, als ze in land- of tuinbouw technisch bruikbaar zijn, dit ook in economisch opzicht het geval is en ze dus praktisch toepasbaar zijn. Nu gaat het in de akkerbouw op stuifgevoelige gronden om de behandeling van grote oppervlakten. De kosten zijn dus, vergeleken met de tuinbouw, hoog. Daarbij is de schade gemiddeld lager, want verstuivingen van betekenis komen in bedoelde akkerbouwgebieden minder vaak voor dan in de bollenstreek en het gaat om veel minder kostbare gewassen. Dit maakt dat een methode van verstuivingsbestrijding in de akkerbouw pas interessant kan worden, als de kosten lager worden dan bijv. f 100 per ha per jaar. In de bollenstreek bedragen de kosten per ha van de traditionele verstuivingsbestrijding door een riet- of stromulch daarentegen enkele tientallen malen meer. Uit het oogpunt van concurrentiepositie is een flinke kostenverlaging hier echter nodig.

Het doel van het onderzoek met behulp van de windtunnel is in de eerste instantie dan ook het vinden van een zeer goedkope bestrijdingsmethode voor de akkerbouw, (een) bestrijdingsmethode(n) voor de bollenteelt die goedkoper is (zijn) dan de

huidige, en een geschikte werkwijze om verstuivingen in de aspergeteelt tegen te gaan. Verder worden anti-stuifmiddelen die men in de handel wil brengen, getoetst, zowel voor agrarische toepassingen, als voor die bij milieubeheersing, recreatie en civiel- en cultuurtechnische werken.

### De windtunnel

De inrichting van de windtunnel van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid is schematisch voorgesteld in fig. 2. Tijdens de proeven doorloopt de luchtstroom een gesloten circuit: 1 - zolder, 2 - verbinding tussen zolder en 3 - meetgedeelte van de tunnel, 4 - verbinding tussen meetgedeelte en 5 - zandvangkast, 6 - jaloezieën voor fijnregeling van de windsnelheid en via 7 - ventilator terug naar de zolder. Wanneer de jaloezieën (6) gesloten worden, zodat de luchtstroom in het meetgedeelte van de tunnel (3) stopt, gaan de jaloezieën 6A open. Bij draaiende ventilator volgt de luchtstroom dan het kleine circuit (- - ->), waardoor te lage druk voor de ventilator wordt vermeden. De ventilator wordt aangedreven door een elektromotor (8); de draaisnelheid van de ventilator wordt geregeld door een traploze toerenregelaar (9, grove regeling van de windsnelheid). Het meetgedeelte (3) is  $19\frac{1}{2}$  m lang en heeft een doorsnede van  $75 \times 75$  cm<sup>2</sup>; de zijanten bestaan over de gehele lengte uit uitneembare glazen ramen.

De windsnelheid in het meetgedeelte kan continu worden veranderd tussen 0 en 21 m/sec, omgerekend op een standaardhoogte van 10 m is dit tot ruim 30 m/sec (windkracht 12).

In principe kunnen twee objecten naast elkaar geplaatst gelijktijdig worden beproefd. In de praktijk wordt elk object afzonderlijk onderzocht om onderlinge beïnvloeding te voorkomen.

De grote lengte van de windtunnel vindt zijn verantwoording in het volgende. Bij een grondverstuiving hebben wij te maken met een natuurkun-

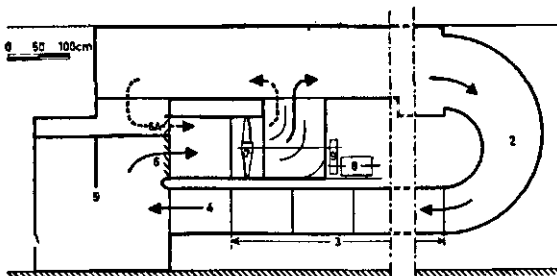


Fig. 2 Schema windtunnel; → en - - -> richting van de luchtstroom in het gesloten circuit. (Voor verklaring zie tekst).

Fig. 2 Scheme of the wind tunnel: → direction of air flow in main circuit; - - -> direction of air flow in by-pass.

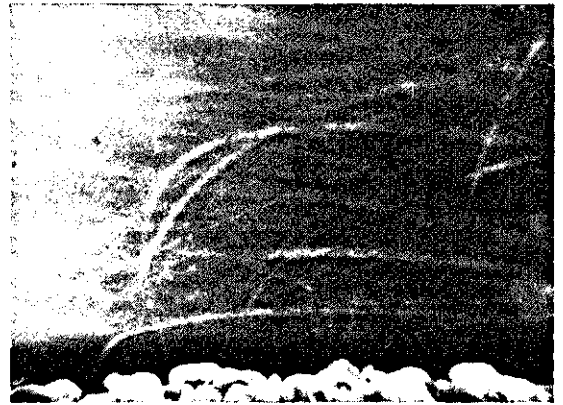


Fig. 3 Banen van springende zandkorrels in de windtunnel, zichtbaar gemaakt door felle belichting.

Fig. 3 Paths of jumping sand grains, made visible in wind tunnel by intensive lighting.

dig proces, waarbij de gronddeeltjes al naar hun grootte deelnemen aan een der bewegingstypen: wegwaaien op grote hoogte, springen, rollen. Het springen (fig. 3), waaraan het grootste gedeelte van de gronddeeltjes deelneemt, veroorzaakt een kettingreactie. Elk springend deeltje komt bij zijn opwaartse beweging in luchtlaagjes, waarin de windsnelheid in het algemeen des te groter is naarmate de hoogte van het laagje boven het grondoppervlak groter is. Het deeltje wordt door deze luchtstroom meegevoerd en vergroot daarbij zijn kinetische energie. Door deze energievergroting kunnen bij het neerkomen van het deeltje doorgaans weer twee of meer deeltjes tot opspringen worden gebracht. Hierdoor neemt het aantal springende deeltjes in de windrichting toe, totdat de hoeveelheid zich in de lucht bevindende zandkorrels zo groot is, dat deze een verdere toename verhinderen en een evenwichtssituatie ontstaat. Om zeker te zijn dat deze toestand van praktisch maximale verstuiwing wordt bereikt, is een aanloopafstand van ca. 15 m nodig.

Het gesloten circuit voor de luchtstroom heeft in ons klimaat veel voor op het niet gesloten systeem. Bij vroeger onderzoek, waarbij steeds verse lucht van buiten werd aangezogen, bleek dat de kritieke windsnelheid<sup>1</sup> duidelijk werd beïnvloed door de vochtigheid van de lucht; het was moeilijk om reproduceerbare waarden te verkrijgen. Zo varieerde bij een stuifgevoelige zandgrond uit Noord-Limburg de kritieke windsnelheid van ruim 8 tot ongeveer 13 m/sec (gemeten op standaardhoogte van 10 m), wanneer de relatieve vochtigheid van de lucht veranderde tussen ca. 50 en ruim 70%. In de nieuwe behuizing van het insti-

<sup>1</sup> Bij de kritieke windsnelheid begint de grond merkbaar te stuiven.

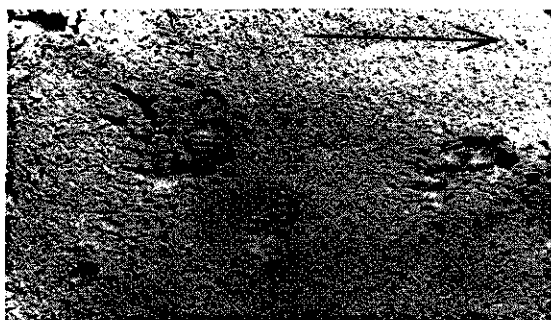


Fig. 4 Korstbedekking op een stuifgevoelig zand. Stuivende zandkorrels hebben de korst kapot geschuurd; → windrichting.

*Fig. 4 Crust protecting against wind erosion on a sandy soil. Crust is damaged by scouring-effect of moving sand-grains; → direction of wind.*

tuut wordt met een gesloten circuit gewerkt, waarbij te hoge waarden en grote schommelingen van de luchtvochtigheid worden vermeden.

#### Enkele resultaten van onderzoek

Uit het onderzoek is o.a. gebleken dat sommige van de beproefde korstvormende middelen, na aangebracht en gedroogd te zijn, meer of minder gemakkelijk weer worden opgelost bij regen en wegspoelden. Andere bedekkingen waren in vochtige toestand of door zonnewarmte flexibel geworden en werden door harde wind 'opgerold'. Verder bleken de meeste korsten niet bestand te zijn tegen de schurende werking van stuivend zand (fig. 4).

Goede resultaten zijn verkregen met mulchen van enkele soorten compost (3). Als voorbeeld mag worden genoemd dat een mulch van VAM-tuinbouwcompost, toegediend naar ca. 80 ton per ha, in de praktijk van de bollencultuur (westkust van ons land) zeer goed voldoet, mits wordt voldaan aan bepaalde voorschriften van toedienen. De compost dient voor het uitstrooien zo vochtig mogelijk gemaakt, maar nog strooibaar te zijn en kort (liefst onmiddellijk) na het strooien, natuurlijk of kunstmatig, beregend te worden. In de praktijk geeft dit laatste soms moeilijkheden, wanneer natuurlijke regen uitblijft en geen regeninstallatie aanwezig is. Bovendien brengt, als men wel over een dergelijke installatie beschikt, het gebruik ervan weer kosten met zich. Bij proeven in het laboratorium is gebleken, dat het bezwaar van regen kan worden ondervangen door de compost te verspuiten. Een goede bedekking werd zelfs gerealiseerd met minder dan 50 ton/ha. In de praktijk zullen deze proeven echter nog dienen te worden bevestigd.

In de akkerbouw worden nu proeven genomen met een mulch van een doodgespoten groenbe-

mester, bijv. winterrogge. Grote monsters bovengrond in natuurlijke ligging, met groenbemester of dode mulch, worden in de windtunnel onderzocht om kwantitatieve gegevens over de beschermende werking door zo'n bedekking te verkrijgen. Deze methode lijkt, ook economisch gezien, voor de akkerbouw op stuifgevoelige gronden perspectief te bieden (4).

In dit stadium van onderzoek kunnen nog weinig exacte resultaten worden gepubliceerd. Uit windtunnelonderzoek is duidelijk geworden en later in praktijkproeven eveneens waargenomen, dat een wat (te) open roggedek oorzaak kan zijn dat een verstuiwing juist optreedt waar dit niet mogelijk werd geacht. Een in de wind bewegend roggeblad kan pleksgewijs een, door regen en daarna drogen ontstaan, korstje kapotschuren (fig. 5). Dit micro-effect, vele malen over een groter oppervlak herhaald, kan op deze wijze een verstuiwing inluiden, vooral wanneer het losgeschuurd zand onvoldoende kan worden opgevangen. Bij de teelt van narcissen op de stuifgevoelige bollengronden aan onze westkust wordt een dergelijke methode, aangepast aan deze cultuur, reeds enige tijd met goed gevolg gebruikt.

Verder wordt onderzoek verricht over de invloed van het gehalte aan organische stof op de gevoeligheid voor stuiven van Nederlandse zandgronden, voornamelijk ter toetsing van langs indirecte weg gedane schattingen van deze invloed. Incidenteel is nagegaan welk effect de granulaire samenstelling van een grond heeft op het verloop van het stuiven van die grond. Bij een windsnelheid beneden de kritieke windsnelheid voor de grootste gronddeeltjes, maar groter dan die voor de gehele grond, werd langzaam de verstuiwing minder. Het fijne materiaal verdween gaande-



Fig. 5 Roggemulch op stuifgevoelig zand. Pleksgewijs is het zandoppervlak kapot geschuurd (middendeel foto) door in de wind bewegende roggebladeren (⇒); → windrichting.

*Fig. 5 Mulch of winter rye on an erosion-susceptible sandy soil. Centre part of foto: Soil surface is scoured by leaves of rye moving in wind (⇒); → direction of wind.*

Tabel 1 Gemiddelde windsnelheid en frequentie van windsnelheden van 8 m/sec of meer in Nederland

Waarnemingsplaatsen	Gemiddelde windsnelheid (m/sec) over een tijdvak van 1 maart t/m 31 mei	Kans (in %) dat in maart een windsnelheid zal optreden van 8 m/sec of meer
Den Helder	6,3	32
Hoek van Holland	—	25
Vlissingen	4,6	—
Eelde	4,6	20
De Bilt	4,2	—
Twente	—	12
Zuid-Limburg	2,6	—

Location	Average wind velocity for the period 1 March-31 May	Probability (%) of wind speeds > 8 m/sec (March)
Den Helder	6,3	32
Hoek van Holland	—	25
Vlissingen	4,6	—
Eelde	4,6	20
De Bilt	4,2	—
Twente	—	12
Zuid-Limburg	2,6	—

Table 1 Average wind velocity and frequency of wind speeds greater than 8 m/sec or more in the Netherlands

weg uit het grondoppervlak, de hoeveelheid grovere deeltjes nam toe en deze stabiliseerden het oppervlak; het stuiven hield op. Werd de windsnelheid wat hoger, dan volgde opnieuw het juist beschreven proces; een soort getrappt verstuivingsbeeld waarbij steeds de grofste korrels of aggregaten bleven liggen.

Duidelijk is, dat op deze wijze bij zandgronden met veel korrels groter dan 1 mm op de lange duur de bovenste laag zodanig verrijkt kan worden aan zeer grof zand, dat deze gronden hun land- of tuinbouwkundige waarde verliezen.

In verband met berekeningen over de economie van bestrijdingsmethoden is het van belang te weten wat de frequentieverdelingen van de windsnelheid zijn in verschillende weken van het jaar en in verschillende delen van Nederland. Op daartoe passende wijze bewerkt waarnemingsmateriaal is nog maar zeer beperkt beschikbaar. In tabel 1 worden enkele gegevens vermeld. Daaruit blijkt dat er in ons land in de richting NW-ZO een vermindering in gemiddelde windsnelheid bestaat. Met deze gemiddelden is echter niet alles gezegd. Uit windtunnelonderzoek is gebleken dat een voor stuiven gevoelig droog duinzand — en hiermee zijn praktisch alle stuifgevoelige gronden in Nederland te vergelijken — begint te stuiven bij een windsnelheid van ongeveer 8 m/sec (gemeten op 10 m hoogte, windkracht 5). Tabel 1 laat zien dat de kans dat een windsnelheid van 8 m/sec of meer in maart kan voorkomen, voor verschillende plaatsen in Nederland ongelijk is. De kans blijkt in ongeveer dezelfde richting te verminderen als de gemiddelde windsnelheid in de periode maart-mei.

### Samenvatting

Verstuivingen richten op de Nederlandse zand-

en dalgronden een gemiddelde jaarlijkse schade aan in de orde van grootte van 10 miljoen gulden; in specifieke stuifjaren is dit getal vele malen groter. Bij het ontwikkelen van bestrijdingsmethoden en -middelen vormt niet zozeer de technische bruikbaarheid, maar vooral de economische toepasbaarheid een probleem. De technische bruikbaarheid wordt o.a. getoetst met behulp van een speciale windtunnel, waarvan inrichting en werkwijze zijn beschreven. Enkele toepassingen en resultaten worden behandeld.

Voor de bollenteelt werd, naast het strooien van huisvuilcompost, een bestrijdingsmethode ontwikkeld, waarbij een mulch van deze compost op het land gespoten wordt. Voor de akkerbouw op stuifgevoelige grond is de bruikbaarheid van een mulch van doodgespoten wintergraan in onderzoek. Het ziet er naar uit, dat deze methode de eerste economisch toepasbare is in de akkerbouw.

Onderzoek is gaande over de invloed van het gehalte aan organische stof en van de granulaire samenstelling van een grond op de stuifgevoeligheid.

### Summary

*Research on winderosion and soil by means of a wind tunnel*

Damage caused by winderosion can mount up to an average of 10 millions of Dutch guilders a year on the Dutch sand and reclaimed-peat soils; in years with severe erosion this amount is much higher.

In the research on wind-erosion control the problem of technical suitability of treatments is smaller than the economical problem. The technical applicability is for the greater part studied by means of a special wind tunnel; scheme and working of this tunnel are described. Some applications and results are mentioned.

For bulb growing on sandy soils near the west coast a method of sandblowing control was developed; a mulch of town-refuse compost is sprayed on the land by means of a low-pressure delivery system. This method is much cheaper than the classical cover of reed or straw. A mulch of winter rye, sown in september and killed by a herbicide in december, january or later, also seems to be practically applicable.

For agriculture on erosive soils the suitability of a mulch of winter rye killed by a herbicide in spring is still under investigation. It seems that this method will also be applicable economically on arable land.

Research on the effects of organic-matter content and texture on the wind-susceptibility of soil is still going on.

### Literatuur

- 1 Chepil, W. S.: Dynamics of wind-erosion. I. Nature of movement of soil by wind. *Soil Sci.* 60 (1945) 305—320.
- 2 Shah, S. R. H.: Studies on wind protection. Thesis Landbouwhogeschool, Wageningen 1962. Id. *ITBON Meded.* 60 (1962).
- 3 Kottnerus, D. J. C.: Winderosie en haar bestrijding. II. *Bodem* (1964) 58: 10—20.
- 4 Velde, H. A. te: Eerste ervaringen met groene rogge voor aardappelen om verstuiven van de grond te voorkomen. *Landbouwcour. Veenkoloniën en Omliggende Streken* 67 (1970) 3: 3.