

ONDERZOEK

NAAR DE SNELHEID VAN DEN WIND OP VERSCHILLENDE
HOOGTE EN NAAR DEN INVLOED VAN HINDERNISSEN
OP DEZE, GEDAAN DOOR HET INSTITUUT VAN LAND-
BOUWERKTUIGEN EN GEBOUWEN.

In Augustus 1907 werd door het bestuur van den Lauwerzeemolenpolder te Ulrum tot het bovengenoemd instituut het verzoek gericht, den in aanbouw zijnden windmotor, die dezen polder zou bemalen, op zijn vermogen te onderzoeken. Ik verklaarde mij hiertoe bereid. Deze motor is de grootste, die tot nu toe in ons land geplaatst is. De as ligt 14 M. boven de fundeering, het rad heeft een middellijn van 12 M. Voor dat onderzoek was een anemometer noodig, die op de hoogte van het middelpunt van het rad moest geplaatst worden. Daarom werd een anemometer met electricisch signaal aangeschaft, zoodra de luchtstroom 100 M. heeft afgelegd, wordt een signaal gegeven. Om ook voor andere doeleinden bruikbaar te zijn, werd een bok vervaardigd, waarop de anemometer op verschillende hoogte kan geplaatst worden. Deze bestaat uit een ijzeren kooi, gevormd door 3 ijzeren ringen, welke door 3 staven van 2 M. lengte verbonden zijn; aan de staven zijn een kort en een lang ijzer vastgesmeed waaraan drie kolders van 8 M. vastgeschroefd worden, zoodat op deze wijze een driehoek ontstaat met een koker in het midden. In dezen koker werd weder een kolder van 8 M. geschoven, waarop bovenaan een ijzeren pen voor het plaatsen van den anemometer. Deze kolder kon nog 6 M. opgehaald worden, zoodat dan de anemometer 14 M. hoog stond. Aan een der kolders van den driehoek is een ladder verbonden, zoo als men die wel bij telefoonpalen ziet. Ik verzocht den Directeur van het Ned. Kon. Meteorologisch instituut den anemometer te willen controleeren, waaraan deze bereidwillig voldeed. Den 10^{en} Oct. ontving ik van genoemden Directeur de vraag of door het instituut ook waarnemingen waren gedaan, over den invloed van hinder-

nissen op de snelheid van den wind en over den afstand waarop die invloed nog merkbaar is. Deze vraag was gedaan door den ingenieur van Delfland en behoorde niet tot het gebied van het Meteorologisch instituut, waarom de Directeur deze aan mij wenschte te verwijzen. Ik verklaarde mij bereid dit onderzoek uit te voeren, doch verzocht de medewerking van genoemden Directeur, die mij welwillend werd toegezegd.

Twee kleine anemometers, die met een koord in en uit het werk kunnen worden gezet werden ter mijner beschikking gesteld. Door den lagen waterstand kon het onderzoek van den windmotor eerst den 4^{en} December geschieden, de snelheid van den wind en het opgevoerde water werden gemeten het laatste volgens drie verschillende methodes, die nagenoeg gelijke waarden gaven. Het bleek, dat bij de waargenomen windsnelheid de opgemalen hoeveelheid water kleiner was, dan de gecontracteerde. Om allen twijfel te voorkomen werd besloten de proef de volgende week te herhalen.

De Ingenieur van de fabriek was toen aanwezig en mat de windsnelheid op het platform 8 M. hoog waarbij een verschil bleek van 15 à 20 pCt. met die bij 14 M. hoogte gemeten. Neemt men de windsterkte op het platform gemeten als basis dan voldoet de motor aan het contract.

Dit grootte verschil gaf aanleiding tot het besluit om het onderzoek te beginnen met bepalingen omtrent de snelheid van den wind op verschillende hoogten. Op de vlakke in de Geldersche vallei werd een geschikte plaats nabij de Grift gevonden en daar de bok opgesteld met den contact anemometer. De beide andere anemometers werden nu op verschillende hoogte geplaatst en afgelezen, zoodat we een reeks waarnemingen bekwamen.

Op het zelfde terrein zijn ook de proeven over den invloed van hindernissen genomen. Daarvoor werd een paal van 10 M. in den grond geplant en bovenaan een katrol bevestigd. Een bok uit twee kolders zamengesteld en door tuitouwen vastgehouden, droeg eveneens een katrol. Met de beide katrollen kon een kolder, waaraan een zaadzeil vastgebonden was, 6 M. hoog opgehaald worden, de onderrand was weder aan een kolder bevestigd die aan paaltjes, in den grond geslagen werd vast gemaakt. Door deze inrichting kon het zeil gemakkelijk loodrecht op de

windrichting gebracht worden, daartoe was slechts het verplaatsen van den bok noodig. Bij sterken wind werd het kleeid dat 8 M. lang en 6 M. breed was, slechts 4 M. opgehaald en bleef de rest op de onderste kolder opgerold, bij matigen wind werd het 6 M. hoog opgehaald. Door het ongunstige weder, soms storm en regen doch vaak windstilte, duurde het lang eer deze proeven waren afgelopen.

De proeven voor de bepaling van de snelheid op verschillende hoogte werden in Januari 1908 begonnen; de contact anemometer werd op de paal 8 M. hoog geplaatst, een der andere anemometers op 1 M., de derde werd telkens een meter hooger geplaatst en dan afgelezen. Zoodra van de contact het signaal klonk, worden de beide andere ingeschakeld en bij het elfde signaal weder in rust gezet, de contact gaf dus zonder correctie 1000 M. aan. Het aantal seconden werd aangeteekend en de beide kleine anemometers afgelezen. Voor elke proef werd dit vijf maal gedaan en het gemiddelde van deze genomen. Dan werden deze getallen vermenigvuldigd met het correctiecijfer voor de waargenomen snelheid en ten slotte de betreffelijke snelheid in procenten uitgedrukt.

Deze reeks proeven werd eenige malen herhaald. Tot 4 M. hoogte kon de kleine anemometer op een lat gezet worden en telkens neergelaten om af te lezen, bij grootere hoogte ging dat niet meer. We bevestigden toen de lat aan den kolder van den driehoek waar het laddertje aan zat en bereikten zoo 5 en 6 M.

Als voorbeeld moge de volgende proef dienen:

De contact staat 14 M. hoog n^o. 267 op 3 M. n^o. 363 op 1 M. De contact heeft 92 sec. noodig voor 1000 M. = 11 M snelheid; op 3 M. is de snelheid 7,9 op 1 M. 6,8 M.

De contact levert $1000 \times 0,99 = 990$ M.

no. 267	no. 363
745	576
716	640
729	646
747	606
711	681
3648	3149
$\times 1,02$	$\times 1,05$
= 744	= 661
5	5

bij 3 M. was. de snelheid 75,1 pCt. van die bij 14 M.

" 1 " " " " 67,— " " " " "

Nadat 6 M. bereikt was. bleven de kleine anemometers staan en werd de contact telkens 2 M. opgehaald tot 14 M. Daarna werden alle waarnemingen in pCt. van de windsnelheid op 14 M. uitgedrukt om ze te kunnen vergelijken. De eerste reeks waarnemingen gaf nu voor:

14 M.	12 M.	10 M.	8 M.	6 M.	4 M.	2 M.
100 pCt.	96 pCt.	95 pCt.	93 pCt.	80,4 pCt.	78,5 pCt.	71,6 pCt.

In fig. 1 zijn, deze waarden graphisch voorgesteld. We zien bij 6 M. een sterke knik in de kromme, er moest dus een fout begaan zijn, daar voor deze knik geen reden te vinden is. We vonden de oorzaak in de bevestiging van den anemometer aan den bok, bij de plaats waar alle palen en ijzerwerk zamenkomen, dit was voldoende, om de snelheid van den wind daar merkbaar te verminderen. Er werd nu op deze hoogte aan den bok een plank bevestigd met twee ijzeren beugeltjes, waarin een lat kon heen en weer schuiven. Op deze lat werd de anemometer geplaatst en daarmee ongeveer 3 M. van den bok gebracht. Voor het aflezen werd de lat terug geschoven. Als gemiddelde van de op deze wijze genomen reeksen proeven worden we thans:

14 M.	12 M.	10 M.	8 M.	6 M.	4 M.
100 pCt.	97 pCt.	95 pCt.	93 pCt.	90,2 pCt.	84,7 pCt.
		3 M.	2 M.	1 M.	
		80,3 pCt.	78,6 pCt.	68 pCt.	

De kromme heeft thans een vrij regelmatig verloop zoodat we in de gevonden waarden vertrouwen mogen stellen.

Veronderstellen we dat de kromme van den tweeden graad is, dan vinden we met inachtneming dat de snelheid op den grond nul is en dat de kromme de ordinaat in het nulpunt moet raken, door de drie waarden waarvoor de meeste metingen gedaan zijn, 4 M., 8 M., 14 M., te gebruiken als vergelijking voor de kromme

— $107,04 x^2 + 144,16 x y + y^2 - 13631,72 x = 0$,
 waarin x de hoogte voorstelt waarop gemeten is en y de betreffende snelheid. Door in deze vergelijking voor x achtereenvolgens verschillende waarden te stellen vinden

we de daarbij behoorde waarden voor y . De kromme is een hyperbool, de sterkste buiging ligt op ongeveer 2 M. boven den grond

$$x = 0; 1; 2; 3; 4; 6; 8;$$

$$y = 0; 65,5; 76,6; 81,4; 85; 89,6; 93;$$

$$x = 10; 12; 14; 20; 30$$

$$y = 95,6; 97,7; 100; 105,5; 113,8$$

Men ziet dat de overeenstemming met de gevonden waarden zeer goed is, de berekende voor 20 en 30 M. zullen dus ook weinig van de werkelijkheid afwijken. Berekenet men de waarde voor 100 M. hoogte dan vindt men 167 pCt.; interessant ware het indien deze waarde kon gecontroleerd worden. In fig. 2 zijn de berekende waarden door een stippellijn aangegeven, de gemeten waarden door een getrokken lijn, de fouten vallen geheel binnen de grenzen der fouten die aan alle waarnemingen kleven. Ten einde een geschikte teekening te krijgen zijn niet de pCt. als ordinaten aangenomen doch een windsnelheid van 20 M. op 14 M. hoogte, voor deze is dan de kromme geteekend, voor het overzicht zijn de procenten aangegeven.

In Sept. 1908 werd begonnen met de proeven over den invloed van hindernissen op de windsnelheid. Bij de eerste proef werden de anemometers alle drie op 1 M. hoogte geplaatst en vergeleken. Vervolgens werd een der anemometers achter het scherm, dat 8 M. breed en 2 M. hoog gemaakt werd, geplaatst, eerst op 5 M. achter het scherm en daarna telkens 5 M. verder. De proeven werden even als bij de metingen op verschillende hoogte in gericht, er werden 5 aflezingen elk van 1000 M. gedaan en hiervan het gemiddelde genomen. De snelheid werd dan uitgedrukt in procenten van die der vrij staande anemometers, deze stonden ter zijde van het scherm en 25 M. daarvan verwijderd. De windsnelheid op 1 M. hoogte bedroeg 6 M. We vonden op:

5 M.	10 M.	15 M.	20 M.	25 M.	30 M.
49 pCt.	79,1 pCt.	80,3 pCt.	92,2 pCt.	90 pCt.	97,3 pCt.
			35 M.		
			93 pCt.		

Het terrein was grasland, het scherm stond op een gedeelte dat gemaaid was, ruim 20 M. achter het scherm.

begon een stuk dat nog niet gemaaid was, dit blijkt op de snelheid bij 1 M. hoogte merkbaren invloed te hebben, zooals uit bovenstaande cijfers blijkt, we besloten daarom de anemometers in het vervolg 2 M. hoog te plaatsen en het scherm eveneens hooger te nemen.

Bij de tweede proef met Z. Z. W. wind en een snelheid van 4 tot 6 M. staan de anemometers 2 M. hoog het scherm is 8 M. breed en 4 M. hoog. We vonden bij deze proef:

5 M.	10 M.	15 M.	20 M.	25 M.	30 M.
0 pCt.	61,9 pCt.	85 pCt.	99,3 pCt.	98 pCt.	103 pCt.
		35 M.	40 M.		
		97,6 pCt.	102 pCt.		

De groote afwijking, die deze proef vertoont met alle volgende, doet vermoeden dat er iets onjuist in zit de oorzaak kon echter niet meer opgespoord worden. Bij de volgende proef waren windrichting en snelheid dezelfde, ook de overige omstandigheden werden gelijk genomen, we vonden toen:

5 M.	10 M.	15 M.	20 M.	25 M.	30 M.
47,3 pCt.	82,7 pCt.	80,4 pCt.	81,7 pCt.	89,6 pCt.	90 pCt.

Dezen dag werden onder de zelfde omstandigheden ook metingen verricht vóór het scherm, we vonden:

5 M.	10 M.	15 M.
81,7 pCt.	93 pCt.	97 pCt.

Den volgenden dag werd bij Westenvind met een snelheid van 4 à 5 M. het scherm 6 M. hoog opgehaald en weder op 2 M. hoogte gemeten. We vonden:

10 M.	20 M.	30 M.	40 M.	50 M.	60 M.
62 pCt.	74,2 pCt.	85,8 pCt.	94,7 pCt.	103 pCt.	99,5 pCt.
		70 M.			
		103 pCt.			

Bij de volgende proef werden de beide kleine anemometers achter het scherm geplaatst, de contact ter zijde op 25 M. afstand. Achter het scherm dat 6 M. hoog was opgehaald, stond de eene 2 M. de andere 4 M. hoog. Vooraf waren ze op de zelfde hoogte geheel vrij naast de contact geplaatst om de betrekkelijke snelheid na te gaan, ook aan het slot werd zulks gedaan. Deze methode is bij alle proeven gevolgd. De wind was Z. O. de snelheid 4 à 5 M. Het resultaat was:

	5 M.	10 M.	20 M.	30 M.
4 M. hoog	39,7 pCt.	47,3 pCt.	65,7 pCt.	86 pCt.
2 " "	0 pCt.	34,4 pCt.	61,4 pCt.	89 pCt.
	40 M.	50 M.	60 M.	70 M.
4 M. hoog	90,6 pCt.	94,5 pCt.	103 pCt.	105 pCt.
2 " "	88,6 pCt.	103 pCt.	98,1 pCt.	108 pCt.

Op dezelfde wijze werden proeven vóór het scherm genomen en gevonden:

	5 M.	10 M.	15 M.
4 M. hoog	80,7 pCt.	90 pCt.	99,5 pCt.
2 " "	72,9 pCt.	87 pCt.	97,5 pCt.

Bij de volgende proef werd één anemometer achter het scherm van 6 M. hoog geplaatst op 2 M. hoogte, wind N. O. snelheid 5 M. we vonden:

	10 M.	20 M.	30 M.	40 M.	50 M.
1 ^e proef	54,4 pCt.	79,1 pCt.	86,4 pCt.	88,8 pCt.	90 pCt.
2 ^e " "	52, pCt.	65 pCt.	81 pCt.	87 pCt.	89 pCt.

Bij de volgende proef was de inrichting als volgt: Het scherm werd 4 M. hoog opgehaald, de kleine anemometers werden 2 M. hoog opgesteld, één midden achter het scherm, een zóó, dat hij stond in de lijn volgens de windrichting langs den rand van het scherm getrokken, we vonden:

	10 M.	20 M.	30 M.	40 M.
in het midden	41,3 pCt.	68,2 pCt.	86,9 pCt.	91,6 pCt.
aan den rand	60 " "	74,3 " "	84,9 " "	90,5 " "

De wind was nog in snelheid toegenomen, uit vrees voor mogelijke ongelukken werd de proef gestaakt.

Bij de volgende proefnemingen hebben we de windsnelheid bepaald in lijnen, evenwijdig aan het scherm getrokken; daar we slechts over twee anemometers beschikten, kwamen we hierbij weinig vooruit en zijn de metingen niet zoo talrijk, als gewenscht zou zijn. Een anemometer werd midden achter het scherm geplaatst, de andere aan den rand en deze dan telkens 5 M. naar buiten verplaatst. Hadden we over een zestal werktuigen kunnen beschikken, dan zouden meer waarnemingen kunnen gedaan zijn en wat vooral van belang is, de waarnemingen waren dan op elke lijn tegelijk gedaan. Toch meenen we wel eenig resultaat verkregen te hebben. Behalve de wimpel die bij vorige proeven aan den rechtopstaanden paal, boven het scherm geschen werd,

om de windrichting te kunnen nagaan, werd bij deze proeven ook een wimpel aan den stok der kleine anemometers bevestigd. Op 10 M. achter het scherm woei deze voortdurend in tegengestelde richting bij 20 M. in alle richtingen bij 30 M. steeds in de goede richting.

De eerste dag was de windsnelheid 7 à 8 M. we haalden het scherm 4 M. op en plaatsten de anemometers 2 M. hoog. We vonden:

	in het midden	rand	5 M. buiten	10 M. buiten
10 M. achter 't scherm	51 pCt.	75 pCt.	95 pCt.	100 pCt.
20 " " "	80 " "	83,8 " "	96,9 " "	101 " "
30 " " "	89 " "	90 " "	91 " "	99 " "
40 " " "	90 " "	93 " "	95 " "	96 " "

Het weder werd buiig, de wind begon snel van richting te veranderen, zoodat de proef moest gestaakt worden. Bij de volgende proef met een windsnelheid van 4 à 5 M. werd het scherm 6 M. hoog opgehaald, overigens bleef alles hetzelfde. We vonden:

	midden	rand	5 M. buiten	10 M. buiten
10 M. achter 't scherm	56 pCt.	65 pCt.	75 pCt.	96 pCt.
20 " " "	90 " "	96 " "	100 " "	
30 " " "	84 " "	88 " "	96 " "	
40 " " "	91 " "	96 " "		
50 " " "	90 " "	93 " "		

De wind loopt heen en weer zoodat geen goede waarnemingen te doen zijn.

Het scherm is 8 M. breed en 4 M. hoog de anemometers staan op 2 M hoogte

	midden	rand	5 M.	10 M.
10 M. achter 't scherm	55 pCt.	75,3 pCt.	100 pCt.	
20 " " "	86,8 " "	91,7 " "	94 " "	96 pCt.
30 " " "	86,6 " "	90 " "	95 " "	100 " "
40 " " "	90 " "	92 " "		
50 " " "	94 " "	99 " "		
60 " " "	100 " "	100 " "		
70 " " "	96 " "	99 " "		
5 M. voor	73 " "	81 " "	94 " "	
10 " " "	93 " "			
15 " " "	100 " "			

Het scherm is 8 M. breed 4 M. hoog; windsnelheid 6 M. één anemometer staat 2 M. de andere 4 M. hoog midden achter het scherm

	10 M.	20 M.	30 M.	40 M.	50 M.	60 M.
4 M. hoog	59 pCt.	86 pCt.	90 pCt.	88 pCt.	93 pCt.	90 pCt.
2 „ „	49 „	82 „	92,7 „	94 „	91 „	94 „

Hoewel deze proeven volsteekt niet volledig kunnen genoemd worden, door de voortdurend toenemende drukte aan het instituut waren we genoodzaakt ze te staken, zijn er toch wel eenige gevolgtrekkingen voor de praktijk uit te maken.

In elk geval kunnen ze als wegwijzer dienen voor hem, die tijd en lust heeft, deze proeven op grootere schaal uit te voeren.

Nemen we het gemiddelde uit de verschillende proeven en laten de tweede, waarbij werd opgemerkt, dat waarschijnlijk onjuistheden zijn ingeslopen, buiten beschouwing dan vinden we de windsnelheid achter een hindernis die 4 M. boven de plaats van waarneming uit steekt op de volgende afstanden van het scherm:

10 M.	20 M.	30 M.	40 M.	50 M.	60 M.	70 M.
52 pCt.	70 pCt.	85 pCt.	90 pCt.	95 pCt.	99 pCt.	100 pCt.

waar de hindernis 2 M. boven de plaats van waarneming uitsteekt;

10 M.	20 M.	30 M.	40 M.	50 M.	60 M.	70 M.
54 pCt.	77 pCt.	88,4 pCt.	91 pCt.	93 pCt.	99 pCt.	105 pCt.

waar de bovenrand der hindernis gelijk is met de plaats van waarneming:

10 M.	20 M.	30 M.	40 M.	50 M.	60 M.
-------	-------	-------	-------	-------	-------

59 pCt.	86 pCt.	90 pCt.	88 pCt.	93 pCt.	90 pCt.
---------	---------	---------	---------	---------	---------

Dicht bij de hindernis heeft de hoogte merkbaren invloed, op 40 M. afstand wordt die invloed weinig beteekend terwijl gewone hindernissen op 70 M. geen invloed meer hebben; of bij groote breedte der hindernis de invloed zich niet verder uitstrekt, moet nog uitgemaakt worden.

We hebben in fig. 3, deze waarden graphisch voorgesteld, doch voor de duidelijkheid niet de gevonden procenten maar het procenten dat aan snelheid verloren is, als ordinaten genomen. Wat de metingen buiten de as van het scherm betreft, deze zouden om betrouwbaar te zijn, zooals boven gezegd is, veel grooter in aantal moeten zijn;

de schets in fig 4 gegeven, waar door de plaatsen van gelijke snelheid lijnen getrokken zijn, de dikke streep stelt het scherm voor, geeft toch eenigszins een denkbeeld van het verloop der storingen. Opmerkelijk is dat de kromme bij 20 M., waar de winpel in allerlei richting woei regelmatig wordt en voor dien tijd een sterke buiging vertoont.

S. LAKO.

rand 5 10 15 M

M
0

75 95 100%

10

20

30

40

50

60

70







