

# Vogelhinder door middelgrote windturbines — over vlieggedrag, slachtoffers en verstoring

Bird impact by middle-sized wind turbines — on flight behaviour, victims, and disturbance

JOKE E. WINKELMAN

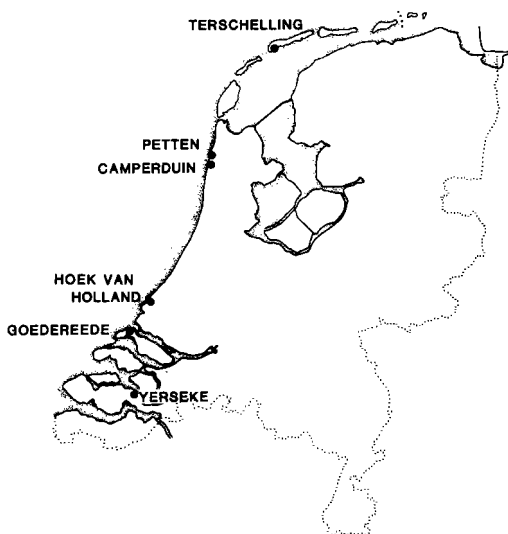
Introductie op grote schaal van windenergie die wordt opgewekt met behulp van moderne windmolens (windturbines), staat momenteel volop in de aandacht. Voor ons windrijke land noemt het Nationaal Ontwikkelingsprogramma Windenergie in dit kader aantallen van maar liefst 15 000 middelgrote en 1000 grote turbines in het jaar 2000 (totaal vermogen 450 en 1500-2000 mW).

Het is opmerkelijk dat de vele artikelen en nota's die inmiddels over windenergie verschenen zijn, deze over het algemeen als milieuvriendelijk afschilderen, maar als nadeel de mogelijke bedreiging voor vogels noemen. Alhoewel veel publikaties erop wijzen dat in verband met het ontbreken van gericht en systematisch uitgevoerd veldonderzoek voor een optimistische, noch voor een pessimistische stellingname goede gronden bestaan (vgl. Buurma 1981, Feenstra 1982), worden in toenemende mate aanduidingen als „onthutsende dreiging” (van Klinken 1981), „windmolens — gehaktmolens” en „windmolens — dé grote vogeldoders” niet geschuwd. Termen die de publieke opinie, en ook vogelaars, sterk lijken aan te spreken. Dat ten minste een deel van deze negatieve visie onterecht is, moge blijken uit de resultaten van een in de herfst en winter van 1983/84 uitgevoerd onderzoek naar de mogelijke hinder die middelgrote windturbines (masthoogte 10-30 m, rotordiameter 7-25 m, vermogen 50-300 kW) voor vogels kunnen opleveren. In dit verkennende onderzoek stonden centraal (1) slachtoffers ten gevolge van (nachtelijke) aanvaringen met turbines en (2) vlieggedrag van vogels die een turbine overdag naderen. Ook werd aandacht besteed aan (3) de mogelijke verstoring van broeden foerageerbiotoop door turbines op de huidige locaties. De resultaten van dit onderzoek worden hieronder samengevat. Voor een uitgebreid overzicht van het basismateriaal en de bewerkingsmethoden wordt verwezen naar Winkelman (1984).

## Materiaal en methode

In de periode 4 oktober-4 november werd op zes locaties (vgl. figuur 1, tabel 1) het gedrag van dagtrekkers

(grootschalige herfsttrek) en/of langsvliegende lokale vogels (voedsel-, slaap-, getijdenbewegingen) bestudeerd. Hierbij werd van zoveel mogelijk aselekt gekozen groepen vogels die binnen het waarnemingsveld (binnen 200-300 m afstand van de turbine) kwamen, genoteerd: soort en aantal; vlieghoogte, afstand tot de turbine en vliegrichting bij naderen, en tijdens en na een eventuele reactie; tijdstip; weergegevens. De vlieghoogte werd geschat, waarbij de volgende klassen werden aangehouden: 0-2 m (contouren landschap volgende), 3 m tot onderkant rotorvlak (wiekvlak), onderkant tot bovenkant rotorvlak, bovenkant rotorvlak tot 50 m, 51-100 m, 101-200 m en > 200 m. Voor de afstand tot de turbine(s) werden zes klassen gebruikt: 0 m tot zijkant rotorvlak, zijkant rotorvlak tot 15 m, 16-50 m, 51-100 m, 101-200 m en 201-c. 300 m (vgl. figuur 2). Op locaties met meer dan één turbine werd steeds de afstand tot de dichtstbijzijnde turbine genomen. Voor de vliegrichting werden 16 klassen ( $22\frac{1}{2}^\circ$  per klasse) aangehouden. De waarnemingen werden verricht van 1 uur vóór tot 3 uur na zonsopgang, van 2 uur vóór tot 1 uur na zonsondergang en steekproefsgewijs in de tussenliggende, voor vogeltrek over het algemeen minder belangrijke, uren. De waarnemingen



Figuur 1. Ligging turbines onderzoek naar vlieggedrag en slachtoffers. Yerseke: lokale vliegbewegingen van meeuwen; overige plaatsen: grootschalige dagtrek en lokale vliegbewegingen. *Observation sites flight behaviour and victim studies. Yerseke: local flights of gulls to and from roosting and feeding areas; other sites: diurnal migrants and local flights.*

vonden steeds plaats onder goede zichtomstandigheden doordat langdurige regen en (zware) mist in de waarnemingsperiode niet voorkwamen. De windomstandigheden waren variabel, maar matige tot sterke zij- of tegenwind kwamen het meeste voor. Op de zes locaties werd op de waarnemingsdagen (tabel 1) binnen een straal van maximaal 50 m rond de turbines naar slachtoffers gezocht.

Ten behoeve van de vraag naar mogelijke biotoopverstoring werd van 60 over het gehele land verspreid liggende locaties met middelgrote turbines een beschrijving gemaakt van de omgeving en het (te verwachten) vogelleven.

## Vlieggedrag

Tijdens de ruim 341 waarnemingsuren (tabel 1) werd het gedrag van c. 6200 groepen (87 000 vogels) binnen het waarnemingsveld genoteerd. Omdat een groep over het algemeen als een geheel bleek te reageren en er geen aanwijzingen waren dat enkelingen, kleine of grote groepen verschillend reageerden, zijn de resultaten in termen van groepen weergegeven, waarbij een solitaire vogel ook als „groep” is aangeduid.

Van alle waargenomen groepen toonden slechts 561 (9%) een reactie: 7-19, gemiddeld 13% van de dagtrekkers en 4-6, gemiddeld 5% van de lokale vogels; de overige groepen (91%) vervolgden zonder enige aarzeling of koerscorrectie hun oorspronkelijke vliegroute. Er werd geen enkele botsing met een turbine gezien.

Ten aanzien van het vlieggedrag werden twee aspecten nader geanalyseerd: factoren die mogelijk van invloed zijn op het aantal reacties en de aard van de reacties. Dit leidde tot onderstaande resultaten (verschillen, tenzij anders aangegeven, significant ( $P < 0.05$ ; G-test for independence, STP-analyse,  $X^2$ -test); van niet-gevoemde situaties meestal onvoldoende gegevens voor statistische bewerkingen; gepresenteerd worden over het algemeen de gegevens van alle locaties te zamen).

## Factoren van invloed op het vlieggedrag

**Behalve aan het type trek (dagtrek, lokale vliegbewegingen) en het wel of niet in werking zijn van de turbines werd aandacht besteed aan: locatie (omgeving van de turbine), vogelsoort, tijdstip, vlieghoogte, afstand tot de turbine, windkracht en windrichting.**

**Type trek** Het aandeel reacties was bij dagtrek (13%) groter dan bij lokale vliegbewegingen (5%).

**Wel of niet in werking zijn van de turbine** De meeste reacties werden gevonden voor dagtrekkers bij draaiende wieken (11%), gevolgd door dagtrekkers bij stilstaande wieken (8%); de minste reacties traden op bij lokale vliegbewegingen, waarbij geen verschillen tussen een draaiende en stilstaande rotor werden gevonden (beide 5%). Daarom werd besloten de overige factoren zo veel mogelijk per trektype in combinatie met draaiende of stilstaande wieken te bezien.

**Locatie** Het aandeel reacties bleek per locatie nogal verschillend te zijn: dagtrek 7-19%, lokale vliegbewegingen 4-6%. De reactieverschillen tussen dagtrek en lokale vliegbewegingen wijzen op gewinning van lokale vogels aan de aanwezigheid van een turbine.

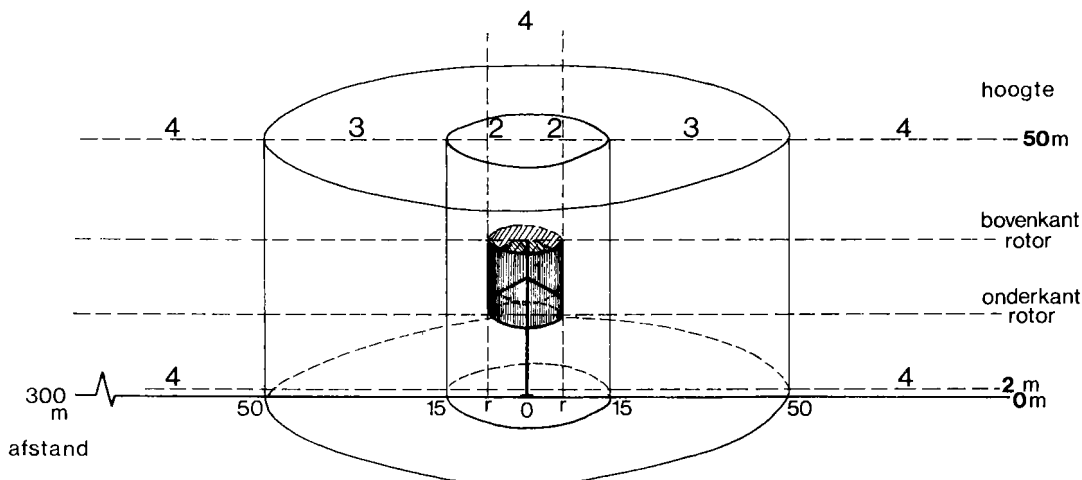
**Omgeving** Bij dagtrek/draaiende wieken werden bij turbines in lijnopstelling (Petten, Camperduin) of de aanwezigheid van hoge gebouwen in de directe nabijheid (Terschelling) meer reacties gevonden dan bij solitaire turbines; bij stilstaande wieken traden geen verschillen op.

**Vogelsoort** Van twaalf onderscheiden soort(groep)en (eenden-ganzen, steltlopers, meeuwen, duiven, kraaiachtigen, lijsters, Spreeuwen, leeuweriken, piepers, Vink-Keep, rest zangvogels, overige) traden bij dagtrek/draaiende wieken de minste reacties (2-6%) op bij steltlopers, lijsters en kraaiachtigen, de meeste (43%) bij eenden-ganzen. De andere soort(groep)en lagen

Tabel 1. Waarnemingsdata en totaal aantal waarnemingsuren (tussen haakjes het aantal waarnemingsuren bij stilstaande wieken) op de zes onderzoeklocaties. *Locations, observation dates, number of observation hours (in brackets number of observation hours with still rotor), and number of wind turbines.*

| Locaties<br><i>Locations</i> | Waarnemingsdata<br><i>Observation dates</i> | Aantal<br>waarnemingsuren<br><i>Number of<br/>observation hours</i> | Aantal<br>windturbines<br><i>Number of<br/>turbines</i> |
|------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Terschelling                 | 24-27, 31.10; 1-4.11                        | 50½ (6)                                                             | 1                                                       |
| Petten                       | 18-21, 28, 31.10; 1-3.11                    | 71 <sup>1</sup>                                                     | 4 <sup>2</sup>                                          |
| Camperduin                   | 4-6, 10-14.10; 4.11                         | 63 (3)                                                              | 2                                                       |
| Hoek van Holland             | 4-7, 10-14, 17.10                           | 66¼ (0)                                                             | 1                                                       |
| Goedereede                   | 18-21, 24-28.10                             | 65 (7¼)                                                             | 1                                                       |
| Yerseke <sup>3</sup>         | 21-25.11                                    | 26 (6)                                                              | 1                                                       |

<sup>1</sup> geen onderscheid tussen draaiende en stilstaande wieken, maar vrijwel steeds minstens één van de vier turbines in werking *no difference made between operating and still rotor*; <sup>2</sup> vier turbines in lijnopstelling *four turbines in line formation*; <sup>3</sup> alleen lokale vliegbewegingen van meeuwen *only local flights of gulls*



Figuur 2. Indeling in hoogte- en afstandsklassen en in vier ruimtelijke eenheden rond de rotor (r). *Classification of height and distance classes, and of area around rotor (r) into four spatial classes.*

hier tussenin, waarbij de mate van reactie afhankelijk leek van de locatie.

**Tijdstip** Bij draaiende wieken leek er zowel bij dagtrekkers als lokale vluchten een afname van het aandeel reacties op te treden van donker via schemer naar licht en een toename in de omgekeerde situatie; bij stilstaande wieken werden geen verschillen gevonden.

**Vlieghoogte** Bij dagtrek/draaiende wieken traden de meeste reacties op ter hoogte van de wieken en tot 50 m daarboven, gevolgd door de hoogteklaas onder het wiekvlak (3 m tot onderkant wieken); er traden geen verschillen op bij dagtrek/stilstaande wieken en bij lokale vluchten.

**Afstand** Bij dagtrek en lokale vliegbewegingen/draaiende wieken werd dichtbij de turbine vaker gereageerd dan verder weg; op sommige locaties werden op 200-300 m afstand eveneens meer reacties genoteerd. Bij stilstaande wieken traden geen verschillen op. Bovendien leken vogels een stilstaande turbine dichter te naderen dan een draaiende turbine.

**Vlieghoogte/afstand** Bij een combinatie van vlieghoogte en afstand tot vier ruimtelijke klassen met het rotorvlak als centrum (figuur 2) traden bij dagtrek/draaiende wieken de meeste reacties op in het bereik van de rotor (ruimte 1), gevolgd door ruimte 2 en daarna ruimte 3 + 4. Bij dagtrek/stilstaande wieken werden geen verschillen gevonden.

**Windkracht** Bij dagtrek/draaiende wieken werden bij zwakke wind (0-2 B) minder reacties gevonden dan bij sterkere wind (> 2B); bij stilstaande wieken werd bij toenemende windkracht een geleidelijke toename van het aantal reacties gevonden. Bij lokale vliegbewegingen leek de windkracht er niet toe te doen.

**Windrichting** Bij dagtrek/draaiende wieken traden minder reacties op met meewind dan met zij- of tegenwind; bij stilstaande wieken en voor lokale vliegbewegingen traden geen verschillen op.

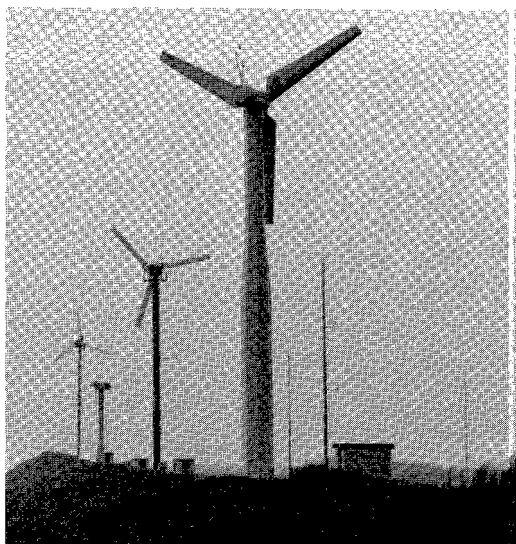
**Windkracht/windrichting** Bij dagtrek/draaiende wieken traden minder reacties op bij zwakke meewind dan bij de overige combinaties.

Hoe de onderzochte factoren verder met elkaar in relatie staan, is niet nagegaan. Andere factoren als zichtbaarheid van de turbine, aanwezigheid van remkleppen, zogwerking, mate van geluidsproductie en draaisnelheid van de rotor werden niet in het onderzoek betrokken. Voorts moet opgemerkt worden dat de waarnemingsintensiteit niet in het gehele waarnemingsveld steeds even groot was, terwijl ook sprake leek van een parallaxprobleem. Bij de bewerkingen is hiermee verder geen rekening gehouden.

#### *Aard van de reacties*

Hierbij werden twee hoofdtypen onderscheiden: (1) reacties buiten het bereik van de rotor, waarbij de gehele turbine werd ontweken (dagtrek 97%, lokale vliegbewegingen 100%); (2) reacties in het rotorvlak (vgl. ruimte 1 in figuur 2), waarbij de wieken werden ontweken (dagtrek 3%, lokale vliegbewegingen 0%). Nadere aandacht werd besteed aan wijze en mate van uitwijking en vliegkoers na reactie.

**Reacties buiten bereik rotor** Het overgrote deel van de reagerende dagtrekkers en lokale vogels ontweek zowel bij stilstaande als draaiende wieken de turbine door de oorspronkelijke vliegkoers zijwaarts te verleggen (afhankelijk van locatie en type trek 84-99, gemiddeld 90%). Hiervan bleef 87% op dezelfde hoogte vliegen; de



Vier middelgrote windturbines in lijnopstelling bij Petten, november 1983 (Joke Winkelman). *Four middle-sized wind turbines in line formation near Petten (NH).*

overige veranderden hun vlieghoogte of vlogen met een (wijde) boog om de turbine heen, terwijl een enkeling nog voor de turbine op zijn schreden terugkeerde. De hoek die bij de ontwijken gemaakt werd, bedroeg meestal 16-45° (bij 61% van de reacties). Binnen het waarnemingsveld bleek van de dagtrek 27% en van de lokale vliegbewegingen 0% terug te keren naar de oorspronkelijke vliegkoers. Of ook buiten het waarnemingsveld nog naar de oude vliegkoers werd teruggekeerd, is niet bekend. De reacties buiten het rotorbereik verliepen over het algemeen kalm en geleidelijk. Slechts in vijf gevallen (1%) werden tijdens ontwiking bewegingen gezien die mogelijk op paniek duiden: versnelde vleugelslag (1×), versnelde vleugelslag in combinatie met een plotselinge, scherpe bocht (3×) en een serie bewegingen waarbij eerst de vleugelslag stopte, daarna het lichaam achterwaarts en vervolgens snel fladderend opzij geworpen werd (1×). Na passage werd normaal doorgevlogen.

*Reacties in bereik rotor* Van alle groepen werden er 50 (0.8%) binnen het bereik van de rotor waargenomen. Hiervan reageerde maar liefst 38%, waarbij het verschil uitmaakte of de vogels evenwijdig aan de wieken (26% reacties) of tussen de wieken door (74% reacties) passeerden. Bij passage tussen draaiende wieken door werden de volgende reacties genoteerd: (a) inhouden vlucht vlak voor ( $\leq 1$  m) wieken en achterover en/of opzij kantelen lichaam gevolgd door of passage met behulp van snelle vleugelslag waarbij eventueel zijwaarts naar de wiekpunten werd toegevlogen (7×), of een naar beneden

„vallen” van de vogel tot onder de rotor, waarna normaal onder de wieken door werd gevlogen (2×); (b) stoppen vleugelslag vlak voor en tijdens passage („glijvlucht”), waarbij of nog tijdens passage opzij naar wiekpunten toe werd gevlogen (2×) of de buik naar de mast werd toege draaid (1×); (c) versnelde vleugelslag vlak voor en tijdens passage waarbij naar wiekpunten toe gevlogen werd (1×). Bij passage tussen stilstaande wieken door werd reactie (c) genoteerd (1×). Bij passage evenwijdig aan draaiende wieken: (d) versnelde vleugelslag en veel gefladderd tijdens passage (2×), (e) glijvlucht tijdens passage (1×) en (f) inhouden vleugels vlak voor wieken, kantelen lichaam en zijwaarts „vallen”, waarna normaal vliegend passage plaatsvond (2×). In de overige gevallen werd het rotorvlak zonder enige aarzeling gepasseerd. De reacties in het rotorvlak (met name a, c, d en f) deden over het algemeen erg panikerig aan.

## Slachtoffers

Er werden geen slachtoffers ten gevolge van aanvaringen met de turbines gevonden. Dit resultaat bevestigt de schaarse literatuurgegevens, maar is moeilijk interpreteerbaar omdat over vindkans (voortijdig verdwijnen van kadavers door aaseters) en slachtofferkans (nachtelijke treksterkte op turbine-hoogte) niets bekend is. Wel kan vermeld worden dat bij mogelijk met turbines vergelijkbare obstakels zoals zendmasten, (vuur)torens, masten hoogspanningslijnen en dergelijke zich lange tijd (soms jaren) geen confrontaties met vogels voordoen, waarna plotseling een situatie optreedt waarbij sprake is van een groot aantal slachtoffers (Avery *et al.* 1976, Karlsson 1977).

## Verstoring van biotoop

Het bleek dat op de huidige locaties alle turbines binnen de invloedssfeer van reeds aanwezige, storende elementen (wegen, bebouwing, industrie etc.) vallen, zodat verwacht kan worden dat zij geen (extra) verstoring van broedende of foeragerende vogels tot gevolg zullen hebben gehad.

## Discussie

Op grond van bovenstaande resultaten kan gesteld worden dat (1) de kans op aanvaring van vogels met middelgrote windturbines bij daglicht en goede zichtomstandigheden vrijwel nihil is en (2) het verstoringaspect van middelgrote windturbines bij de huidige locatiekeuze valt te verwaarlozen. De resultaten leiden echter niet tot inzicht in (a) het potentiële gevaar tot aanvaring

's nachts en/of bij slechte zichtomstandigheden, (b) de mate van hinder door andere typen turbines (vooral grote turbines) of opstellingen (windcentrales in het vrije veld) of (c) de mate van risico van een bepaalde locatie in het algemeen. Wel kan op grond van waarnemingen bij met (grote) turbines vergelijkbare obstakels verwacht worden dat aanvaringen incidenteel bij nacht of slecht zicht kunnen optreden. Onderzoek tijdens dergelijke omstandigheden naar (1) vlieggedrag en (2) vlieghoogten van vogels in de luchtlagen waarin turbines zich (gaan) uitstrekken, zal antwoord moeten geven op de vraag hoe groot het risico is dat daarbij gelopen wordt.

**Dankwoord** Het onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van het Centrum voor Energiebesparing (Delft) onder contract met het Bureau Energie Onderzoek Projecten van de Stichting Energieonderzoek Centrum Nederland (Petten), in het kader van het Nationaal Ontwikkelingsprogramma Windenergie. Het veldwerk werd mede verricht door Rob L. Vogel (Dieren), die eveneens een deel van de basisuitwerkingen uitvoerde. Arie L. Spaans (RIN) nam het concept kritisch door.

## Summary

In the autumn and winter of 1983/84, the possible danger of medium-sized wind turbines (tower height 10-30 m, rotor diameter 7-25 m, power 50-300 kW) to birds was studied at six sites in the coastal area (fig. 1, tab. 1). Main points studied were flight behaviour of birds approaching turbines within 200-300 m distance in daylight and fine weather (good visibility), number of birds killed at night, and possible loss of breeding and feeding habitat around present sites of turbines.

During just over 341 hours of observation, 87 000 birds in 6200 flocks were recorded. Only 561 flocks (7-19%, on average 13%, of migrating flocks; 4-6%, on average 5%, or local flights) showed a change in flight behaviour that could be attributed to the turbines. No collisions with the turbines were seen. Among the studied factors, type of bird movement (migration or local flights), action of turbine (operating or not), site, bird species, time of day, flight height, distance to the turbine, wind force, and wind direction influenced the extent of hindrance. Some results were suggestive of habituation of local birds to wind turbines. Flock size did not seem to influence the response. Most responses (97% diurnal migrants, 100% local flights) were a temporary evasion of the entire turbine, 3% (diurnal migrants) came within reach of the rotor. Outside the rotor, a possible panic reaction was noted in 1% of the flocks. The majority (84-99%) of the flocks avoided the obstacles by shifting their flight paths to the side

(most often by 16-45°), mainly staying at the same height. Within the observed field, 27% of the diurnal migrants returned to the original track after reaction, none of the local birds. Of the 50 groups seen within reach of the rotor, 38% showed a reaction. Observations were not always equal for the entire field of observation; there was also a parallax problem.

No dead birds were found in the vicinity ( $\leq 50$  m) of the turbines. This confirms the scarce data from the literature, but is difficult to interpret because of lack of data on removal of killed birds by scavengers, and lack of data on migration extent at low altitudes during the study period.

Nearly all present sites of turbines are situated near other interfering elements and have a low bird life, so it can be presumed that the effect of these turbines on breeding and feeding habitat of birds has been negligible.

The results show that the chance of collisions of birds with medium-sized turbines in daylight and in weather with good visibility is almost zero. At present sites, the disturbing effect of such turbines hardly interferes with feeding and breeding birds, if at all. The results do not indicate the danger of collisions at night or in daylight during weather with poor visibility, the hindrance caused by other types of turbines (particularly large ones), by turbines at sites in the open field and by large groups of wind turbines (e.g. wind parks), and the risk at sites other than those studied.

## Literatuur

- EVERY M., SPRINGER P. F. & CASSEL J. F. 1976. The effects of a tall tower on nocturnal bird migration — a portable ceilometer study. *Auk* 93: 281-291.
- BUURMA L. S. 1981. Vogelslachtoffers door windturbines? *Vogeljaar* 29: 170-179.
- FEENSTRA J. J. 1982. Over vogelhinder en windmolens. *Vogeljaar* 30: 177-181.
- KARLSSON J. 1977. Fågelkollisioner med master och andra byggnadsverk. *Anser* 16: 203-216.
- VAN KLINKEN J. 1981. Onthutsende dreiging door windmolens. *Vogeljaar* 29: 301-305.
- WINKELMAN J. E. 1984. Vogelhinder door middelgrote windturbines. Een verkennend onderzoek naar vlieggedrag, slachtoffers en verstoring (RIN-rapport 84/7) Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem.

*J. E. Winkelman,  
Rijksinstituut voor Natuurbeheer,  
Postbus 9201, 6800 HB Arnhem*

Aanvaard voor opname 10 juni 1985