

RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER
POSTBUS 5201
6800 HB ARNHEM-NEDERLAND

EFFECTEN VAN GELUIDHINDER DOOR MILITAIRE
ACTIVITEITEN OP GEDRAG EN ECOLOGIE
VAN WADVOGELS

Maarten Platteeuw

RIN-rapport 86/13

242061

Rijksinstituut voor Natuurbeheer
Texel
1986

RIJKSINSTITUUT VOOR NATUURBEHEER
VESTIGING TEXEL
Postbus 59, 1790 AB Den Burg
Texel, Holland

R.I.N.-RAPPORT 1

Inhoud

0. SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	7
1.1 Achtergrond	7
1.2 Vraagstelling	7
1.3 Werkwijze	9
2. MILITAIRE ACTIVITEITEN IN HET WADDENGEBIED	10
3. GELUIDOVERLAST	14
4. INVLOED VAN HARD GELUID OP HET GEDRAG VAN VOGELS	18
4.1 Algemeen	18
4.2 Broedvogels	20
4.3 Rustende vogels	24
4.4 Foeragerende vogels	29
4.5 Habituatie, facilitatie en cumulatie van effecten	31
5. GEVOLGEN VAN VERSTOORD GEDRAG VOOR DE LANGERE TERMIJN	35
5.1 Algemeen	35
5.2 Energiebudget en tijndeling	37
5.3 Terreinkeuze en sociale interacties	39
6. DISCUSSIE	41
7. SUMMARY	43
8. LITERATUUR	45

VOORWOORD

De Waddenzee is het belangrijkste gebied voor wad- en watervogels in Europa. Tegelijkertijd fungeert het gebied als één der belangrijkste oefengebieden voor de verschillende onderdelen van het Ministerie van Defensie.

In het verleden is reeds veel te berde gebracht over de effecten van militaire oefeningen op flora en fauna van het waddengebied, doch veel waarnemingen zijn anecdotisch van aard en/of leiden niet tot verantwoorde conclusies. Dit rapport is onderdeel van een poging om hier verbetering in te brengen. Op verzoek van het Ministerie van Defensie heeft het Rijksinstituut voor Natuurbeheer een studie aangevat naar de effecten van geluid van militaire activiteiten op wadvogels. Deel van deze studie wordt gevormd door een literatuuronderzoek.

Dit rapport vormt de weerslag van dit onderzoek dat werd uitgevoerd door Drs. M. Platteeuw.

De Directie

0. SAMENVATTING

Het grote belang van de Nederlandse Waddenzee, o.a. voor vogels afkomstig uit grote delen van Noord-Amerika, Europa en Siberië, maakt het noodzakelijk dat voor elke vorm van menselijk gebruik van dit gebied inzicht bestaat in mogelijke negatieve invloeden hiervan. Dit rapport beoogt het eerste volledige en systematische literatuuroverzicht te bieden van de invloeden van militaire activiteiten (met name de akoestische aspecten) op wad- en watervogels.

Een ruimtelijke inventarisatie van de militaire activiteiten in de Nederlandse Waddenzee leert dat in de huidige situatie de westelijke Waddenzee (Den Helder, Texel, Vlieland en Terschelling, alsmede de aangrenzende wadgebieden) vooral buiten het vogelbroedseizoen nogal sterk in de invloedssfeer van militaire oefeningen ligt. De oostelijke Waddenzee is tot nu toe vrijwel van militaire activiteiten gevrijwaard gebleven. Met de ingebruikneming van het schietterrein op de Marnewaard (Lauwerszeepolder) zal in deze rust stellig verandering komen.

In dit rapport wordt uiteengezet welke factoren bepalend zijn voor de vraag of een geluid al of niet als overlast gekenmerkt moet worden. Hierbij wordt eveneens aangegeven hoe geluiddruk op een zodanige wijze kan worden beschreven dat er kwantitatieve uitspraken kunnen worden gedaan over de aanvaardbaarheid van bepaalde geluidsniveaus. Ook wordt ingegaan op enkele factoren die de voortplanting van geluid beïnvloeden. Tenslotte wordt vermeld wat de te verwachten geluiddrukkniveaus in en rond de Lauwerszeepolder zijn bij een bepaalde door het Ministerie van Defensie opgegeven intensiteit van schietoefeningen met verschillende wapensystemen.

Een verstoring wordt gedefinieerd als het effect van een gebeurtenis die de vogel een gedrag doet vertonen dat afwijkt van zijn voorkeursgedrag. Vaak is het vrijwel onmogelijk om de akoestische en de visuele aspecten van een verstoringbron van elkaar te onderscheiden. Hier zijn verstoringen die duidelijk alleen op visuele prikkels berusten, buiten behandeling gebleven.

Broedende vogels blijken in het algemeen nauwelijks zichtbaar door geluid te worden verstoord. Er zijn echter enkele gevallen bekend, waarin vogels voor enige tijd hun nesten na een verstoring in de steek lieten, deze daarbij blootstellend aan een verhoogde kans op predatie. Ook lijken

koloniebroeders in sommige gevallen bij geluidoverlast meer agressief gedrag te vertonen dan in ongestoorde situaties.

Rustende vogels worden, vooral in getijdengebieden, vaak in grote aantallen bij elkaar aangetroffen, wat ze in principe zeer gevoelig maakt voor verstoringen (grote groepen zijn schuwer). Schietoefeningen veroorzaken relatief weinig verstoringen onder rustende vogels, indien ze niet vergezeld gaan van jacht of andere zichtbare menselijke activiteiten. Knallen kunnen in eerste instantie schrikreacties veroorzaken. 's Nachts blijken deze reacties heftiger dan overdag. Straaljager, helikopters en sportvliegtuigen kunnen vaak wel grootschalige verstoringen veroorzaken, waarbij het geluid waarschijnlijk ook een rol speelt.

Foeragerende vogels, vaak solitair of in kleine groepen, worden niet zo snel door geluiden verstoord. Straaljagers worden meestal genegeerd, minder snelle vliegtuigen en helikopters hebben sterkere invloed. Knallen kunnen leiden tot opschrikken en wegvliegen, afhankelijk van het geluidsniveau op de plek van waarneming.

Voor het verstorende effect van geluidoverlast op langere termijn is het al of niet optreden van habituatie (gewenning) van belang. Dit proces wordt belemmerd door combinaties van diverse visuele en akoestische verstoringsbronnen (zeker wanneer die ook reële gevaren inhouden) en gestimuleerd door herhaling en regelmaat (voorspelbaarheid). Verschillende na elkaar of gelijktijdig optredende verstoringsbronnen kunnen door hun gezamenlijk effect een veel heviger verstoring teweegbrengen dan elk van de prikkels afzonderlijk zou hebben gedaan. Het gevolg van verstoringen van het gedrag voor de vogels is in eerste instantie tijdverlies en extra energieuitgave. Deze beide posten moeten met een extra voedselopname worden gecompenseerd. In tweede instantie kan een regelmatig verstoord gebied voor bepaalde soorten permanent onaantrekkelijk worden, waardoor ze de wijk moeten nemen naar andere gebieden. Areaalvermindering zowel als extra energieuitgaven van individuen kunnen over een aantal jaren zeker negatieve gevolgen hebben op het populatieniveau.

Tot dusver is het onderzoek nog niet ver genoeg gevorderd om concrete uitspraken te kunnen doen over de vraag of de vogels het energieverlies als gevolg van verstoringen voldoende kunnen compenseren om populatiedaling te voorkomen. Wel is duidelijk dat naarmate er meer verstoringen komen en naarmate er meer andere aantastingen van het

leefmilieu optreden, de kans groter wordt dat een kleine versturende ingreep ernstige gevolgen heeft.

1. INLEIDING

1.1 Achtergrond

De Nederlandse Waddenzee is het gehele jaar door, maar met name in voor- en najaar, een zeer belangrijk voedsel- en rustgebied voor grote aantallen vogels, vooral steltlopers, eenden en ganzen, afkomstig uit broedgebieden in Canada, Groenland, Scandinavië, het Oostzeegebied en Siberië (Smit & Wolff 1981). Daarnaast worden gedeelten van het westelijk deel van de Waddenzee intensief gebruikt voor verschillende vormen van militaire activiteit, met bases in Den Helder, op Texel, op Vlieland en op Terschelling. Tijdens schietoefeningen zijn grote stroken van dit deel van de Waddenzee als onveilige zone aangewezen. In het oostelijk deel van de Waddenzee hebben tot op heden relatief weinig militaire activiteiten plaatsgevonden. Er lag alleen een laagvliegroute voor straaljagers over het Groninger wad naar de Lauwerszeepolder (De Roos 1983). Deze is echter sinds kort verplaatst naar een traject ten noorden van de Waddeneilanden. De aanleg van het nieuwe militaire oefenterrein in de Lauwerszeepolder (met name het deel in de Marnewaard) met een onveilige zone van 2400 ha gedeeltelijk boven de Waddenzee gelegen (De Roos 1983) zou in principe sterk kunnen bijdragen aan een verhoogde onrust voor vogels in dit deel van de Waddenzee. In dit rapport wordt getracht een overzicht te geven van de huidige wetenschappelijke kennis van invloeden op het gedrag van wadvogels ten gevolge van lawaai door militaire activiteiten. Het literatuuronderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Defensie.

1.2 Vraagstelling

In eerste instantie zal moeten worden nagegaan in hoeverre geluiden van de sterkte die bij militaire oefeningen gebruikelijk is, verstoringen tot gevolg kunnen hebben in het normale gedrag van broedende, rustende of foeragerende vogels. Onder een verstoring wordt dan in navolging van Boere (1975) verstaan: "een gebeurtenis die een vogel dwingt af te wijken van zijn voorkeurshandeling". Het lijkt beter om deze definitie te hanteren dan om, zoals vele onderzoekers doen (o.a. Zegers 1973,

Schilperoord & Schilperoord-Huisman 1981), pas van verstoring te spreken, als de vogels opvliegen. Met name in het geval van een foeragerende vogel kan elke verandering van gedrag als gevolg van een verstoring een belasting zijn voor zijn energiebudget. Naast kwantificering van gedragsveranderingen onder invloed van verstoring zal dan ook in tweede instantie uitgezocht moeten worden, wat de effecten van de eventueel optredende veranderingen in het gedrag zijn op de verschillende aspecten van het dagelijks leven van de vogels. Er kan o.a. sprake zijn van effecten op energiebudget, sociaal gedrag, foerageergedrag en terreinkeuze. Hierbij moet zowel aan effecten op korte, middellange als op lange termijn gedacht worden. Deze effecten van verstoring beïnvloeden bovendien elkaar via het door Dijkema et al. (1985) uiteengezette principe van een responsketen (Owens 1977, Schilperoord & Schilperoord-Huisman 1981, Zwarts & Drent 1981, Ens & Goss-Custard 1984).

Tenslotte is het van belang om te weten in hoeverre bij de confrontatie tussen geluiden en vogels processen als habituatie of facilitatie optreden. Onder habituatie wordt verstaan de gewenning van de vogels aan de prikkel van buitenaf. Bij gelijkblijvend niveau neemt bij herhaling van de prikkel de hevigheid van de reactie af, totdat de vogels uiteindelijk "geleerd" hebben dat er geen gevaar te duchten valt en helemaal niet meer reageren (Fletcher & Busnel 1978). Het is in dit verband van belang zich te realiseren dat habituatie aan geluidoverlast een zuiver "psychisch" proces is; fysiologisch blijft het geluid zijn effecten op zenuwstelsel en eventueel op organen uitoefenen (Bouterse 1974), zodat lichamelijke schade (b.v. gedeeltelijke doofheid, Marler et al. 1973) en/of geestelijke stress kunnen optreden, zonder dat dit in verstoord gedrag tot uiting komt (b.v. Jungius & Hirsch 1979, Altman & Gano 1984, Counter 1985). Facilitatie is veeleer het omgekeerde van habituatie: juist de herhaling van de "angstaanjagende" prikkel maakt de vogels steeds onrustiger. Uiteindelijk zal de verstoring zo ernstig worden dat ze de "plek des onheils" verlaten. Het principe van de facilitatie houdt ook in, dat er mogelijk cumulatie van effecten kan optreden (Dijkema et al. 1985). De vogels kunnen als gevolg van een bepaalde geluidproductie zo onrustig worden, dat iedere andere verstoring de druppel kan zijn die de emmer doet overlopen. Dat cumulatie van effecten door militaire verstoring en verstoring door toeristen inderdaad kan optreden, blijkt uit onderzoekresultaten op Terschelling (Visser 1986). Ook Van Eerden & Smit (1979) en Thissen & Bruggeman (1982) vonden

aanwijzingen voor het feit dat facilitatie door verstoringen door middel van lawaai kon leiden tot cumulatie van effecten. Duidelijk is dat informatie over het tijdstip en de wijze waarop habituatie en facilitatie optreden, essentieel zijn om lange-termijneffecten van geluidoverlast op vogels te kunnen voorspellen.

1.3 Werkwijze

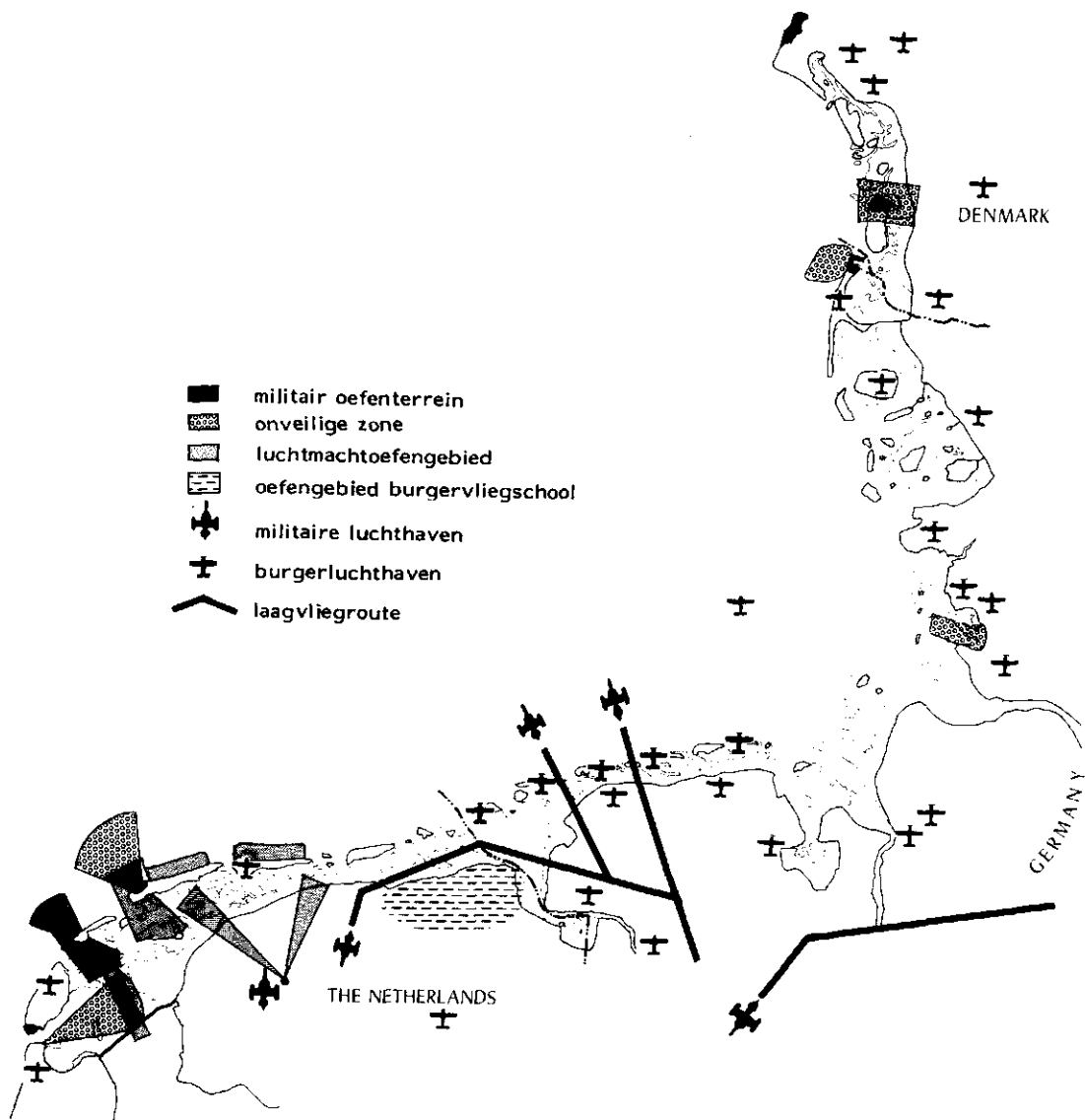
Specifieke literatuur over de effecten van lawaai door militaire activiteiten op het gedrag van vogels bleek vrijwel niet te vinden te zijn. Wel is er vrij regelmatig onderzoek gedaan aan de invloeden van andere vormen van geluidoverlast, zoals de effecten van geluidsbarrièreknallen op zowel in het wild levende vogels als gedomesticeerd pluimvee, zoogdieren en mensen (Bell 1972, Rylander et al. 1974, Lynch & Speake 1978) en de effecten van geluid van vliegtuigen op het vluchtgedrag van meeuwen (Burger 1981, 1983). Met name geluidsbarrièreknallen lijken qua "structuur" nogal sterk op schoten van vuurwapens (Rylander et al. 1974), zodat de resultaten van deze onderzoeken tot op zekere hoogte ook voor onze vraagstelling gebruikt kunnen worden. Direct onderzoek naar effecten van schietoefeningen door militairen op het gedrag van vogels is slechts in een zeer beperkt aantal gevallen min of meer systematisch aangepakt (Rooth & Timmerman 1965, Van Eerden & Smit 1979). Fragmentarische en anekdotische gegevens zijn wat gemakkelijker te vinden, maar deze berichten missen veelal de nodige wetenschappelijke objectiviteit.

Het hier gepresenteerde overzicht kwam op twee manieren tot stand. In eerste instantie werd met behulp van een zoekprogramma van computerbestanden (Pudoc, Wageningen) een beknopte lijst van internationale referenties samengesteld, met als keywords NOISE, SOUND, SHOOTING, DISTURBANCE; EFFECTS, RESPONSES, REACTIONS; BIRDS, WADERS, DUCKS, GEESE, WILDFOWL, WATERFOWL, SHOREBIRDS. Naast dit literatuuronderzoek zijn de Nederlandse literatuur en de aanvullende achtergrondliteratuur op de meer traditionele wijze nagezocht. De hier gepresenteerde gegevens mogen dan ook worden beschouwd als het meest volledige overzicht dat met behulp van buitenlandse en binnenlandse literatuur over het onderwerp kon worden samengesteld.

2. MILITAIRE ACTIVITEITEN IN HET WADDENGEBIED

Een goed overzicht van alle militaire activiteiten, die in en rond het Waddengebied plaatsvinden, wordt gegeven door De Roos (1983), Coördinatiecollege Waddengebied (1983) en Smit & Visser (1984). Het hierop volgende, alsmede het kaartje (figuur 1), is dan ook grotendeels op deze gegevens gebaseerd. Duidelijk is dat op dit moment de grootste concentratie van militaire activiteiten in de Waddenzee in het Nederlandse deel te vinden is. In de Duitse en Deense Waddenzee zijn veel minder militaire oefenterreinen (fig. 1). De militaire activiteiten in Nederland vinden vooral plaats in het westen rond Texel, Vlieland en Terschelling. Daarnaast lopen vanuit de militaire luchthaven in Leeuwarden nog twee stroken luchtmachtoefengebied de Waddenzee in en is ook boven de Noordzee ten noorden van Ameland een strook luchtmachtoefengebied. In de oostelijke Nederlandse Waddenzee en de westelijke helft van de Duitse zijn enkele laagvliegroutes over het wad. Verder blijft in het Westduitse deel de militaire activiteit beperkt tot één echt oefenterrein tegen de Deense grens en twee onveilige zones. In de Deense Waddenzee treffen we twee oefenterreinen en één onveilige zone aan. Wel is de dichtheid aan civiele luchthavens in het Duitse en Deense Waddengebied opvallend hoog. Ofschoon niet van militaire aard kan dit feit, evenals de ligging van het vlieggebied van de burgerluchtvaartschool boven Noord-Groningen (Anonymus 1979), wel voor een flinke geluidhinder in het gebied zorg dragen.

Vanuit de Marinehaven van Den Helder houdt de landmacht gedurende ca. 20 dagen per jaar ballistische lange-afstandsoefeningen over de westelijke Waddenzee. Hetzelfde gebied wordt ook door de marine gedurende maximaal 90 dagen per jaar gebruikt voor schietoefeningen, zowel vanuit de haven als vanaf schepen. Deze beide typen oefeningen kunnen gelijktijdig worden gehouden. De onveilige zone bedraagt 34 000 ha in de omgeving van de zandplaat Lutjewaard. In de geul de Texelstroom wordt door de marine geoefend met torpedo's met niet-explosief materiaal. Er wordt over 13,5 km lengte en 2 km breedte geschoten, bij een waterdiepte tot 30 m. Deze activiteit zou in 1985 worden beëindigd. Ook wordt vanuit Den Helder (zeefront) westwaarts geschoten over de Noordzee, waarbij de zandplaat Razende Bol in de onveilige zone ligt. Tenslotte vliegen militaire zowel als civiele helikopters vanuit de marineluchthaven De Kooy over de westelijke Waddenzee. De civiele helikopters dragen hier



Figuur 1. Overzicht van militaire activiteiten in de Waddenzee, gebaseerd op gegevens van Anonymus (1979), De Roos (1983) en Coördinatiecollege Waddengebied (1983); de laagvliegroute boven het Groninger wad loopt sinds kort over de Noordzee ten N van Schiermonnikoog.

voor 10% bij aan de totale geluidbelasting (Coördinatiecollege Waddengebied 1983).

Het amfibisch oefenkamp De Mok, tegenwoordig Joost Dourlain Kazerne geheten, op Texel dient als basis voor de opleiding van mariniers (Van

Mourik et al. 1985). De oefeningen bestaan hier vooral uit met vaartuigen en helikopters (afkomstig uit De Kooy ten zuiden van Den Helder) uitgevoerde landingen. Hierbij worden twee maal per week geringe hoeveelheden oefenexplosieven tot ontploffing gebracht. Zwaardere explosieven worden tegenwoordig niet meer gebruikt, omdat De Mok niet meer de functie van explosievenopruimingsterrein vervult (Coördinatiecollege Waddengebied 1983).

Op de Vliehors op Vlieland wordt zowel door de luchtmacht als door de landmacht geoefend. Bij oefeningen van het eerstgenoemde krijgsmacht-onderdeel is vaak sprake van internationale oefeningen in NAVO-verband en naar schatting 66% van de deelnemende straaljagers zijn afkomstig van bondgenootstaten (Anonymus 1979). De activiteiten vinden plaats in de lucht en op de grond en bestaan uit het afwerpen van bommen en het schieten op gronddoelen met kanonnen en raketten, zowel vanaf de grond als vanuit de lucht (De Roos 1983). 's Nachts vinden af en toe "photo-flash"-oefeningen plaats met gebruik van elektronenflits. Er wordt slechts zelden met explosief materiaal gewerkt en in ieder geval nooit in de periode tussen 1 maart en 15 september in verband met de vogelbroedtijd (De Roos 1983). De oppervlakte van het oefenterrein beslaat 335 ha, de onveilige zone 3750 ha en het beperkte vlieggebied 68 900 ha tot 12 500 m hoogte. Het schietterrein van de landmacht, het cavalerieschietkamp, beslaat 150 ha met een onveilige zone van 10 500 ha, die zich vooral over de Waddenzee uitstrekt. Hier wordt gedurende 30 weken per jaar (1 september tot 15 april) gedurende 4-5 dagen per week met schietende tanks geoefend. Bij aanwezigheid van mensen en/of schepen in de onveilige zone worden de oefeningen gestaakt (Coördinatiecollege 1983, Smit & Visser 1984).

De Noordvaarder op Terschelling is alleen bij de luchtmacht in gebruik. Er wordt vanuit de lucht geschoten op doelen op de grond met raketten en kanonnen, waarbij tegenwoordig geen explosief materiaal en geen naverbranders worden gebruikt. Ook wordt hier geoefend in het afwerpen van niet-explosieve bommen, evenals het incidenteel schieten met boordkanonnen (Visser 1986). Nachtelijke "photo-flash"-oefeningen zijn tegenwoordig niet meer toegestaan (De Roos 1983, Visser 1986). Het terrein is het gehele jaar beschikbaar en wordt gedurende ca. 180 dagen per jaar daadwerkelijk gebruikt. De grondoppervlakte bedraagt 215 ha, de onveilige zone op het land 3750 ha en het beperkte vlieggebied 17 663 ha, meest over de Waddenzee, tot een hoogte van 9 757 m (De Roos 1983).

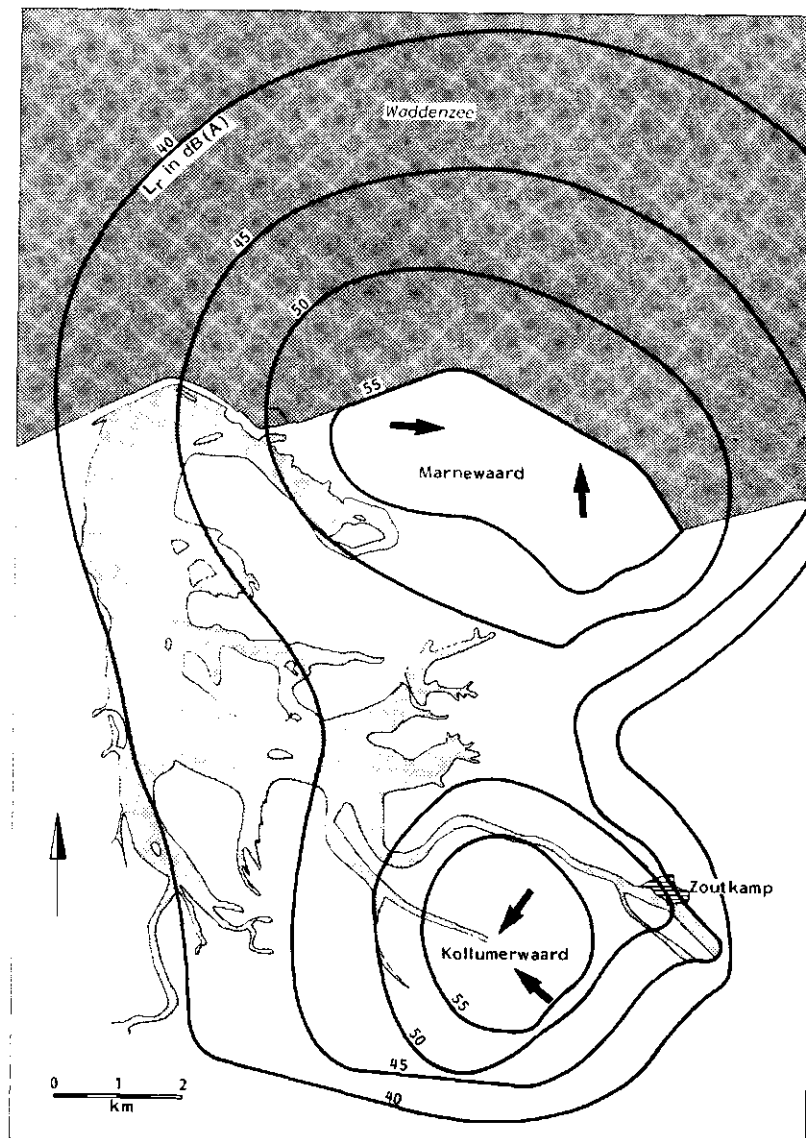
was 9.758 m?

De laagvliegroute boven het Groninger wad werd gemiddeld 6 maal per werkdag gebruikt tot op minimale hoogte van 75 m. Recent is deze route naar het noorden verlegd, zodat hij nu ten noorden van Schiermonnikoog over de Noordzee loopt (De Vlas, pers.med.).

Vanaf Breezanddijk worden schietoefeningen gehouden van lange-afstand-artillerie. Hoewel over het IJsselmeer geschoten wordt, treedt geluidoverlast in een deel van de westelijke Waddenzee op (Smit & Visser 1984).

Het toekomstige oefenterrein in de Lauwerszeepolder is op te delen in twee deelgebieden: de Marnewaard in het noordoosten en de Kollumerwaard in het zuidoosten (Smootenburg 1979a, Van Eerden & Smit 1979). Met name vanuit de direct aan de Waddenzee grenzende Marnewaard zou geluidoverlast voor het Waddengebied kunnen voor komen. De onveilige zone boven de Waddenzee omvat volgens het Coördinatiecollege Waddengebied (1983) en De Roos (1983) een oppervlakte van 2400 ha. Volgens een door Smootenburg (1979a) gepubliceerde opgave van het Ministerie van Defensie zal er in de Marnewaard geoefend worden met boordgeschut (.50 mm en .25 mm) en met een terugstootloze vuurmond (TLV). In de Kollumerwaard zal bovendien ook luchtafweergeschut (met explosieve projectielen) worden gebruikt. In de Marnewaard zal niet met "scherp" worden geschoten (Wolff 1977, Smootenburg 1979a). Er zal het hele jaar door geoefend worden, ook 's nachts, maar alleen op doordeweekse dagen (Wolff 1977, De Roos 1983).

Op grond van schietproeven met .25 mm boordgeschut op twee posten in de Marnewaard en een post in de Kollumerwaard, en met een Carl Gustav TLV in de Kollumerwaard in combinatie met opgaven over de te verwachten schietfrequenties met elk wapen, berekende Smootenburg (1979a & b) de gemiddelde geluidbelasting in de omgeving van de Lauwerszeepolder op de in hoofdstuk 3 beschreven wijze. Hierbij zijn correcties aangebracht voor de heersende weersomstandigheden. Figuur 2 laat zien binnen welke gebieden geluidbelastingen van meer dan 40 dB (A,imp) onder "normale" omstandigheden te verwachten zijn. Deze waarde van 40 dB (A,imp) is de gebruikelijke grenswaarde voor landelijke gebieden. Duidelijk is dat boven de vlakke en open Waddenzee de voortplanting van het geluid vrijwel niet gehinderd wordt, zodat het bereik tot 1 km ten zuiden van de kwelder van Schiermonnikoog reikt (cf. Wolff 1977). Binnen de Lauwerszeepolder zelf reikt de potentiële overlast eveneens zeer ver en alleen buiten de polder, met name richting Zoutkamp schermen structuren in het landschap het geluid enigszins merkbaar af (figuur 2).



Figuur 2. Geluidscontouren van de te verwachten geluidsdruk bij het voorgenomen militair gebruik van oefenterreinen in de Marnewaard en de Kollumerwaard in de Lauwerszeepolder, naar Smoorenburg (1979a); de pijltjes geven de posities en de oriëntaties aan van het bij de proeven in november en december gebruikte geschut.

3. GELUIDOVERLAST

Naast de introductie door de mens in het milieu van al of niet schadelijke afvalstoffen en bestrijdingsmiddelen (milieuverontreiniging in traditionele zin) is er ook sprake van introductie van allerlei vormen van hard en "onnatuurlijk" geluid. Vergeleken met de zeer grote

milieuproblemen die uit chemische verontreiniging en habitatvernietiging ontstaan, lijkt dit probleem betrekkelijk ondergeschikt. Het is dan ook van vrij recente datum om lawaai eveneens te beschouwen als een "verontreiniging" van het milieu. Bij de "United Nations Conference on the Human Environment" in juni 1971 te Stockholm kwam dit aspect voor het eerst bij een dergelijke gelegenheid op de agenda. Er bleek toen dat er nog maar zeer weinig concreet wetenschappelijk onderzoek was verricht naar wat nu de schadelijke gevolgen waren of konden zijn van de verschillende vormen van lawaai op mensen en dieren (Shaw 1978).

Er zijn zeer verschillende bronnen van waaruit mensen lawaai in het natuurlijk milieu introduceren. De belangrijkste alledaagse voorbeelden hiervan zijn: drukke verkeerswegen (Veen 1973, Van der Zande 1975, Wind 1978), opstijgende, landende en laagvliegende vliegtuigen en helikopters (Zegers 1975, Burger 1983), de knallen van supersonische vliegtuigen bij het passeren van de geluidsbarriere (Bell 1972, Rylander et al. 1974, Lynch & Speake 1978), het aanhoudend gezoem van hoogspanningsleidingen (Lee & Griffith 1978) en het afschieten van vuurwapens, zowel in het kader van de jacht (Meltofte 1982) als in het kader van militaire activiteiten (Van Eerden & Smit 1979, Smoorenburg 1979a). Mogelijke overlast door lawaai bij militaire activiteiten kan ook veroorzaakt worden door activiteiten van zowel supersonische als subsonische vliegtuigen en helikopters, door het lawaai van rupsvoertuigen en ander rollend materieel en tenslotte door explosies tijdens het oefenen met de verschillende vuurwapensystemen, granaten en bommen (De Roos 1983).

Of geluid als hinderlijk wordt ervaren, hangt in de eerste plaats af van de luidheid ervan en de mate waarin het met de achtergrondruis contrasteert. Naarmate het toegevoegde geluid meer contrasteert met de achtergrondruis is de kans op geluidhinder groter. Daarnaast draagt een toegevoegd geluid ook bij aan de "natuurlijke achtergrondruis". Dat een constante extra geluidsdruk op het milieu de achtergrondruis zodanig kan versterken dat daaruit hinder voortvloeit, wordt duidelijk uit een voorbeeld gegeven door Shaw (1978): door de sterk toegenomen geluidsdruk in open zee kan het voor gewone vinvissen Balaenoptera physalus veel moeilijker zijn geworden om over grote afstanden onder water met elkaar contact te onderhouden. Geluidhinder zal zich echter in geval van veroorzaking door militaire activiteiten veeleer manifesteren in schrikreacties, die afhankelijk zijn van het contrast met de achtergrondruis (cf. o.a. Rylander et al. 1974). Bij metingen van

geluidsniveaus worden in dit soort gevallen vaak twee aspecten bepaald: de maximale geluidsdruk van de knal op een lineaire schaal zonder frequentie-afhankelijke weging (dB (lin, piek)) en de gemiddelde geluidsdruk over een integratietijd van 35 ms (de integratietijd van het menselijk oor) en met een frequentie-afhankelijke A-weging die de voor het menselijk oor hinderlijke frequenties extra mee laten tellen (dB (A, imp); Meurers 1975). Met name deze laatste maat kan volgens Smoorenburg (1979b) het best worden gebruikt om kwantitatieve uitspraken over geluidhinder voor mensen te doen. De in november en december 1978 in en om de Lauwerszeepolder verrichte geluidmetingen zijn dan ook in deze eenheid uitgedrukt (Smoorenburg 1979a). Omdat de meeste vogels een gehoorbereik hebben dat vrijwel vergelijkbaar is met dat van de mens (Bremond 1963, Lee & Griffith 1978), lijkt deze eenheid voor geluidsniveau ook voor ons doel geschikt. Om nu uitspraken te doen over de verwachten reacties moet het totale geluidsniveau veroorzaakt door de geïntroduceerde geluidbron uitgedrukt worden in de zgn. "rating sound level" L_r die vergeleken wordt met de ter plaatse geldende norm (het "noise criterium") of met de achtergrondruis (Smoorenburg 1979b). In deze benadering wordt rekening gehouden met de geluidsdruk van de afzonderlijk geproduceerde knallen en met het aantal knallen per dag. Voor explosies met hetzelfde geluidsniveau luidt de formule dan:

$$L_r = L_k + 10 \log N - 42 \text{ dB (A, imp)},$$

waarin L_k = geluidsniveau van de afzonderlijke knal, gemeten in dB (A, imp)

N = aantallen knallen per dag

Voor knallen met een verschillend geluidsniveau geldt:

$$L_r = 10 \log \left\{ \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right\} - 42 \text{ dB (A, imp)}$$

met L_i = geluidsniveau van knal i

Deze waarde voor L_r wordt vergeleken met van tevoren opgestelde aanvaardbaarheidscriteria voor geluidbelasting. Het gebruikelijke criterium voor landelijke gebieden ligt bij een niveau van 40 dB (A, imp) en bij stiltegebieden bij 30 dB (A, imp) (Smooenburg 1979b).

Naast de geluidsterkte aan de bron, de duur en het frequentiespectrum van het geluid en de frequentie waarmee het geluid wordt geproduceerd zijn ook de afstand tot de bron, klimatologische omstandigheden, terreinomstandigheden, het al of niet snel aanzwellen van het geluid en de activiteit van mens of dier op het moment van het geluid in sterke mate bepalend voor het al of niet optreden van verstoring van het gedrag (Shaw 1978, Weinreich 1981). De afstand tot de bron en de weers- en terreinomstandigheden bepalen mede de geluidsterkte op de plaats waar mens en dier zich bevinden. Thissen (1983) geeft een formule voor de afstandsverzwakking van het geluid, geproduceerd door een puntbron in het vrije veld, waarbij rekening gehouden wordt met bodemabsorptie. LuchtabSORPTIE, temperatuur en verstrooiing zijn alleen van belang bij de hoogste frequenties (> 1000 Hz). De formule luidt:

$$L = L_o - 20 \log \frac{r}{r_o} - d(r-r_o)$$

waarin

- L = geluid in dB op afstand r
- L_o = geluidsniveau op afstand r_o
- r_o = referentieafstand tot de bron
- r = gevraagde nieuwe afstand tot de bron
- d = dempingsfactor in dB/m

De dempingsfactor d is afhankelijk van het bodemtype (een terreinomstandigheid), maar ook van de frequentie van het geproduceerde geluid. Bij geluidproductie door een bron op enige afstand boven de grond en zonder contact met de bodem is deze factor nagenoeg van geen betekenis (Thissen 1983). Zeer belangrijk voor geluiddemping is ook de mate van glooiing, begroeiing en bebouwing van het terrein. Naarmate het terrein vlakker en opener wordt, neemt de afstandsverzwakking van het geluid af en dus de actieradius toe. Bij de geluidmetingen tijdens de schietproeven in de Lauwerszeepolder kwam dit duidelijk aan het licht: binnen de vlakke, zeer open polder werd een veel hogere geluidsdruk vastgesteld dan onmiddellijk buiten de polder op het oude land, waar dijken, dorpswijken,

boomsingels e.d. al een dempende werking uitoefenen (Smoorenburg 1979a).

Van de weersomstandigheden zijn vooral windkracht en windrichting van sterke invloed, maar ook de luchttemperatuur speelt een rol. Daarnaast is de aan- of afwezigheid van bewolking weer van invloed op de temperatuur-opbouw van de verschillende luchtlagen, zodat ook dit kan interfereren met de voortplanting van geluid (Smoorenburg 1979a). Benedenwinds van de geluidbron wordt op een zelfde afstand meer geluiddruk gemeten dan bovenwinds. Bij windstil weer plant het geluid zich in principe naar alle kanten even sterk voort. Alleen verschillen in terreingesteldheid spelen dan een rol (Smoorenburg 1979a).

4. INVLOED VAN HARD GELUID OP HET GEDRAG VAN VOGELS

4.1 Algemeen

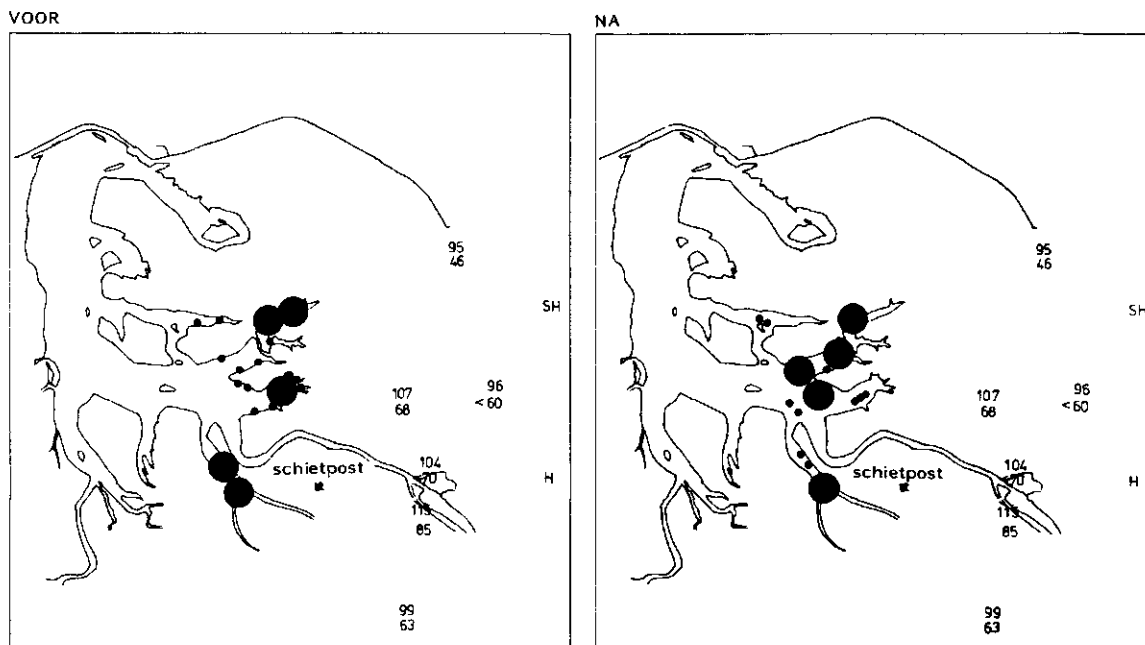
Verschillende onderzoekers beweren dat vogels heftiger reageren op geluid dan zoogdieren (o.a. Bell 1972, Weinreich 1981). Hiervoor wordt echter weinig feitenmateriaal aangedragen en het lijkt dan ook geenszins onmogelijk dat het feit dat de meest opvallende gedragsveranderingen die een verstoring door geluid teweeg kunnen brengen (een massaal opvliegen of zelfs wegvlugten), bij vogels veel eerder opvalt dan bij zoogdieren. Een andere complicatie bij het beoordelen van het effect van alleen geluidproductie is het feit dat in de meeste gevallen de geluidprikkel tegelijk met een visuele prikkel optreedt (Fletcher & Busnel 1978). Zo is vaak niet goed na te gaan welk van deze beide prikkels nu eigenlijk de gedragsverandering heeft veroorzaakt (Van Koersveld et al. 1976), terwijl het ook mogelijk is dat beide prikkels door hun gelijktijdig optreden de gedragsverandering teweeg konden brengen. Dit zou dan komen door cumulatie van de effecten van beide prikkels, doordat elk van hen afzonderlijk wel facilitatie oproept bij de vogels, maar op zich onvoldoende sterk is om tot gedragsverandering aanleiding te geven (Dijkema et al. 1985, Visser 1986).

Zo heeft dan ook veel van het zuiver op geluideffecten gerichte onderzoek zich noodgedwongen moeten beperken tot het bestuderen van de effecten van geluiden met een voor de vogels (of andere dieren) onzichtbare bron, b.v. knallen van het doorbreken van de geluidsbarrière, knalapparaten en schietoefeningen op vrij grote afstand (Bell 1972, Rylander et al. 1974, Lynch & Speake 1978, Camberlein & Flote

1978, Osieck 1982, Rooth & Timmerman 1965, Van Eerden & Smit 1979).

Bij de vaak geconstateerde onrust die vliegtuigen en helikopters onder vogels kunnen veroorzaken (o.a. Buurma 1977, Van den Bergh 1983) is al door Lebrecht (1975) de veronderstelling geopperd dat wellicht het visuele beeld van vliegtuigen of helikopters angstaanjagender is (door de gelijkenis met een grote roofvogel) dan het bijbehorend lawaai. Wel is het mogelijk dat het geluid na opgedane ervaring geassocieerd wordt met het visuele beeld. Het feit dat langzamer luchtverkeer (helikopters en sportvliegtuigen) vaak veel sterker verstoort dan eveneens laag maar zeer snel oversuizende straaljagers (Zegers 1973, Van den Bergh 1983) suggereert hetzelfde. Burger (1981) constateerde daarentegen dat subsonische vliegtuigen geen verstoringen veroorzaakten in een kolonie zilvermeeuwen (Arus argentatus), terwijl bij het passeren van supersonische straalverkeersvliegtuigen juist wel vogels hun nesten verlieten. Dit lijkt wel zuiver de invloed van geluid te zijn. Ook het feit dat luidruchtiger vliegtuigen relatief minder vaak in botsing komen met de rond de start- en landingsbanen vertoevende meeuwen, schrijft Burger (1983) toe aan het sterker afschrikkend effect van luidruchtiger toestellen (die ook eerder boven de aanzienlijke achtergrondruis uitkomen). Hierdoor zouden meer vogels nog juist op tijd weg kunnen komen.

Van Eerden & Smit (1979) constateerden dat de geluidexplosies van de door Smoorenburg (1979a) beschreven schietproeven in de Lauwerszeepolder zowel direct waarneembare schrik- en vliegreacties, merkbaar tot op 8 km afstand, teweegbrachten als een indirecte vluchtreactie, waarbij langzamerhand de delen van het gebied die het dichtst bij de geluidsbron lagen, gemeden werden (cf. figuur 3). Dit voorbeeld maakt duidelijk dat gedragsveranderingen als gevolg van geluidoverlast niet noodzakelijk direct op die overlast hoeven te volgen.



Figuur 3. Verspreiding van Wintertalingen Anas crecca in het ZO-deel van de Lauwerszeepolder op 29 november 1978 voor en na het afvuren van vijf schoten met een Carl Gustav TLV-84 (Van Eerden & Smit 1979), alsmede de ten oosten van de schietpost gemeten maximale (bovenste getal in dB (lin, piek)) en gemiddelde (onderste getal in dB (A, imp)) geluidniveaus (Smootenburg 1979a); bij H en SH waren de knallen resp. "hoorbaar" en "slecht hoorbaar", in beide gevallen waren ze niet meer meetbaar.

4.2 Broedvogels

Sommige auteurs hebben met betrekking tot de verhouding tussen broedvogels en door militaire activiteit veroorzaakt lawaai zeer sombere gedachten over het ongestoord kunnen functioneren van de reproductieve cyclus van de vogels. Het meest pessimistisch is Blok (1964) ten aanzien van de situatie op Vlieland. Zonder overigens concrete cijfers aan te dragen stelt hij dat de voortdurende geluiddruk tot sterk gestoord gedrag leidt bij de broedvogels van het gebied. Met name bij de sternkolonies en bij de kluten (Recurvirostra avosetta) zou de geluidhinder belemmerend werken voor adequate communicatie bij de paarvorming en voor het goed en regelmatig aanbrengen van voedsel voor de jongen. Ook overdreven "paniekerige" reacties tijdens schietoefeningen zouden volgens Blok

(1964) op korte termijn kunnen leiden tot te vaak in de steek laten van de nesten, waardoor de kans op predatie verhoogd wordt. Een dergelijke reactie lijkt voor het massaal mislukken van het broedseizoen van de bonte sterns Sterna fuscata op Dry Tortugas in 1969 de enige min of meer aannemelijke verklaring te zijn. Austin et al. (1970) beschrijven dat op dit eilandje al meer dan 50 jaar achtereen een kolonie van ca. 50 000 paar met zeer goed succes tot broeden kwam. Ook in 1969 kwam de vestiging volkomen normaal tot stand: er werden eieren gelegd en de vogels begonnen te broeden. Bij een inspectie half juni was er echter vrijwel geen jonge vogel te vinden, terwijl slechts ongeveer de helft van het normale aantal volwassen vogels aanwezig was. Deze waren bovendien ongewoon schuw en vliegerig. De nabije kolonie noddies Anous stolidus had daarentegen een volkomen normaal seizoen. De enige reële afwijking van andere jaren was de veel hogere frequentie van geluidsbarrièreknaven rond Dry Tortugas. Vrijwel dagelijks passeerden straaljagers dat jaar daar de geluidsbarrière. Bij de schaarse gelegenheden, waarbij dit zich in voorafgaande broedseizoenen had voorgedaan, was steeds een wilde paniek uitgebroken onder de sterns. Hierbij vlogen alle vogels massaal op om na enig rondcirkelen weer bij de nesten te landen. Het vermoeden bestaat dat 1969 de ongewoon frequente herhaling van deze knallen uiteindelijk heeft geresulteerd in een definitief verlaten van de nesten. De achtergebleven eieren bevatten meest dode, halfvolgroeide embryo's. De pesticidgehalten waren zo laag, dat dit als oorzaak uitgesloten kon worden. Evenmin werden aanwijzingen verkregen dat de geluidsknaven fysieke schade aan de eieren zouden hebben toegebracht.

Onderzoek van Burger (1981) aan de reacties van een kolonie zilvermeeuwen op subsonische en supersonische vliegtuigen suggereert dat Blok (1964) in ieder geval in bepaalde gevallen gelijk kan hebben gehad met zijn negatieve visie op het verstorende effect van lawaai op broedvogels. Bij het passeren van supersonische vliegtuigen vlogen significant meer broedende meeuwen van de nesten dan bij het passeren van subsonische toestellen. Bovendien raakten meer vogels na terugkeer bij het nest in conflict met naburige soortgenoten verwikkeld dan onder "normale" omstandigheden. Tijdens deze gevechten braken vele eieren en ook trad predatie van onbeschermd legsel op (cf. De Roos 1972). Tegen het eind van de broedtijd bleek in de dichtstbevolkte delen van deze kolonie (waar meer van dit soort grensgeschillen konden optreden) het gemiddeld aantal eieren per nest dan ook significant lager te liggen dan

bij solitair broedende vogels (Burger 1981).

Ondanks deze voorbeelden van negatieve invloed van geluidoverlast op het gedrag van broedende vogels spreken de meeste gedocumenteerde onderzoeken op dit gebied van niet-merkbare effecten. Rooth & Timmerman (1965) zagen geen enkele gedragsverandering bij nestelende lepelaars Platalea leucorodia in de kolonie van het Zwanenwater tijdens schietproeven op respectievelijk 1,5 km en 1,9 km afstand van de dichtstbijzijnde nesten, hoewel hierbij af en toe zwaar materieel (lucht doelgeschut, AMX-tanks en Centurion-tanks) werd ingezet. De Roos (1983) constateert op Vlieland dat de ontoegankelijkheid van het militaire oefenterrein voor toeristen ook een aantrekkelijke kant heeft voor broedvogels, iets dat ook naar voren lijkt te komen voor met name een soort als de wulp Numenius arquata op de heidevelden in militair gebruik op de Veluwe (Thissen 1983). In het algemeen lijken toeristen als potentiële verstoring voor broedvogels een reëlere bedreiging dan lawaai als gevolg van militaire oefeningen (cf. De Roos 1981). Zelfs een voor menselijke verstoringen rond het nest zeer kwetsbare soort als de Noordamerikaanse wilde kalkoen Meleagris gallopavo bleek door geluidsbarrièrereknallen in het geheel niet gehinderd te worden in zijn broedgedrag en bracht een normaal aantal jongen groot (Lynch & Speake 1978). Een ander voorbeeld van ogenschijnlijk ongestoord broedgedrag in een zeer luidruchtige omgeving is dat van een kleine kolonie Amerikaanse dwergsterns Sterna antillarum die zich gevestigd had tussen twee startbanen, die gebruikt werden voor verticale stijgingen en landingen van Harrier straaljagers (Altman & Gano 1984). Ofschoon geen geluidmetingen werden verricht, was tijdens de oefeningen met de Harriers de geluiddruk van dien aard dat in de nabijheid werkzaam grondpersoneel verplicht werd oorbeschermers te gebruiken. Zeer waarschijnlijk bleven de sterns tijdens de oefeningen doorbroeden. Tenslotte constateerde Kushlan (1979) dat tellingen vanuit de lucht van reigerkolonies met behulp van helikopters of vliegtuigen slechts in 19% van de waargenomen gevallen een ernstiger verstoring van het gedrag viel waar te nemen dan even opkijken. Nooit werd een nest langer dan 5 minuten verlaten.

Ondanks de ogenschijnlijke onverschilligheid ten aanzien van harde geluiden die door bovenstaande voorbeelden wordt gesuggereerd, wijzen de meeste onderzoekers met nadruk op het feit dat hun onderzoek vrijwel steeds betrekking had op een te korte periode om het niet aantoonbaar zijn van schadelijke invloeden van de geluidoverlast als bewijs te

beschouwen voor het niet bestaan ervan. Zo opperen bijvoorbeeld Rooth & Timmerman (1965) de mogelijkheid dat vroeg in het voorjaar, als de lepelaars zich nog in de kolonie moeten vestigen, wel verstoring door schietoefeningen zou kunnen optreden. De vogels zijn dan nog aan het "verkennen", waarbij onveilig lijkende gebieden mogelijk niet geschikt worden bevonden als broedgebied. Ook is voor veel vogelsoorten juist in de vestigingsfase vocale communicatie van essentieel belang voor vestiging en handhaving van het broedterritorium en voor de paarvorming. Theoretisch kan voortdurende geluidoverlast deze communicatie ernstig belemmeren (Bury et al. 1977, Shaw 1978, Lee & Griffith 1978), maar praktijkvoorbeelden zijn hiervan nog niet bekend (Berry 1980).

Op langere termijn kunnen verschuivingen optreden als gevolg van lawaai, die bij een onderzoek over kortere termijn niet of nauwelijks zouden opvallen. Als voorbeeld, waarbij het optreden van een dergelijke verschuiving in het verleden zeer aannemelijk is, mag genoemd worden de toenemende dichtheid aan broedende weidevogels langs gradiënten die loodrecht op de doorsnee verkeerswegen staan (Veen 1973). Dit heeft zeer zeker te maken met de van deze wegen uitgaande verstoringende invloed, omdat langs drukkeren wegen de dichtheden lager zijn dan langs nauwelijks gebruikte wegen (Van der Zande 1975) en in het rustiger Friesland duidelijk hoger dan in de drukke randstad (Wind 1978). Bij dit voorbeeld is het uiteraard niet mogelijk om de storende invloed van het visuele aspect van het verkeer te scheiden van die van het auditieve aspect.

Behalve een daling in aantallen kunnen bepaalde bijzonder schuwe en kwetsbare soorten vogels als gevolg van geluidhinder ook volledig uit een gebied verdwenen zijn. Voor de onderzoeker lijkt het dat alle vogels goed tegen de geluidproduktie bestand zijn, maar de schade is al eerder toegebracht en de door hem bestudeerde situatie is een nieuwe stabilisatie na het vertrek van de kwetsbare soorten. Deze mogelijkheid wordt door Thissen (1983) geopperd voor soorten als korhoen Tetrao tetrix en klapekster Lanius excubitor op de Veluwe heidevelden. De observaties van March (1985) dat de kolonie Audouïns meeuwen Larus audouini, één van de zeldzaamste Europese broedvogels, op het eilandje Cabrera ten zuiden van Mallorca na jarenlang in de broedtijd geconfronteerd te zijn met intensieve en luidruchtige landingsoefeningen van het Spaanse leger in 1985 geen jongen meer groot bracht, doen vrezen dat een dergelijke soort door dit soort activiteiten op lange termijn het veld zal ruimen. Blok (1964) meent dat het verdwijnen van de dwergstern Sterna albifrons als

broedvogel van de Vliehors en de achteruitgang van het aantal broedende eiders Somateria mollissima op Vlieland in begin jaren zestig ook aan militair lawaai viel toe te schrijven. Omdat eerstgenoemde soort in die periode echter in het gehele Nederlandse Waddengebied sterk in aantal afnam (en zich bovendien in dit soort situaties nauwelijks iets van schietgeluid aantrekt, De Roos 1972) om later in de jaren zeventig weer toe te nemen (Rooth 1981) en laatstgenoemde soort op Vlieland in dezelfde periode eveneens weer flink in aantal toenam (Swennen 1976, 1981), lijkt deze mening niet goed houdbaar.

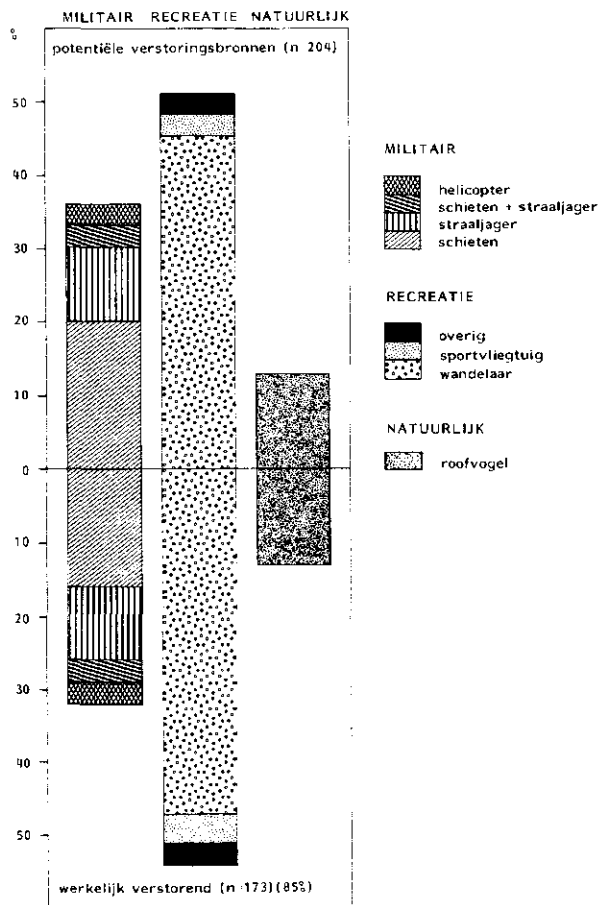
Tenslotte suggereren Altman & Gano (1984) dat het zeer wel mogelijk is dat vogels zich ogenschijnlijk zo weinig aantrekken van geluidsoverlast als de door hen bestudeerde Amerikaanse Dwergsterns die langs start- en landingsbanen van Harriers in werkelijkheid onder een hoge "stress" leven ten gevolge van deze storende invloed. Zo genieten de ogenschijnlijk zo rustig broedende zeevogels van de Galapagoseilanden een zekere faam, omdat ze zich door toeristen tot op enkele meters laten benaderen zonder tekenen van onrust te vertonen. Recent onderzoek echter heeft aangetoond dat tijdens deze "verstoringen" sterke verhogingen van de hartslagfrequentie optreden (twee tot vier maal de normale frequentie, Jungius & Hirsch 1979). Zo blijkt dat een bepaalde gebeurtenis niet eens een verstoring in het gedrag teweeg hoeft te brengen om toch een potentiële bedreiging voor de gezondheid van de vogel en in nog sterkere mate voor zijn reproductiesucces te vormen. Dit verstoringaspect treedt waarschijnlijk vooral bij broedende vogels op. Zonder de sterke binding met het nest zou de vogel een dergelijke stress wel degelijk uiten door een gedragsverandering, waarschijnlijk vlucht.

4.3 Rustende vogels

Juist in het Waddengebied is het verstoren van grote aantallen rustende vogels een bekend en vaak besproken fenomeen (Zwarts 1972, Zegers 1973 e.a.). Van Koersveld et al. (1976) beweren zelfs dat verstoring van rustende vogels veel eerder optreedt dan van foeragerende vogels. Vanwege het feit dat vele soorten in dit gebied voor hun voedselvoorziening volledig afhankelijk zijn van laag water, hebben ze geen "normaal" dag-nachtritme, maar rusten ze tijdens hoogwater op veilige, droge plaatsen, die niet te ver van het foerageergebied moeten liggen (o.a. Visser 1986, Zwarts 1972, 1981). Op deze zogenaamde hoogwatervluchtplaatsen verzamelen zich zeer grote groepen vogels, die daar gezamenlijk

overtijen en rusten. Enerzijds wordt de kans op menselijke verstoring van dergelijke plaatsen sterk verhoogd door het feit dat ze ook overdag door de vogels bezocht worden, als de menselijke activiteit maximaal is. Anderzijds werkt ook het feit dat het op dit soort plekken om zulke grote aantallen gaat verstoring in de hand. Grote groepen vogels zijn eerder onrustig dan kleine groepen of solitaire individuen (Zwarts 1972, Rylander et al. 1974, Owens 1977, Hübner & Putzer 1985, Madsen 1985, Visser 1986). Dit heeft als voornaamste oorzaak, dat in een grote groep meer vogels waakzaam zijn dan in een kleine groep en omdat de groep zich sterk richt op de waakzaamste leden, zal er sneller sprake zijn van verstoord gedrag en van vlucht. Daarnaast lijkt het juist door de opvallendheid van een grotere groep ook van belang om sneller te reageren op mogelijk onraad.

Ondanks vele berichten over "dramatische" verstoringen van hoogwatervluchtplaatsen in het Waddengebied als gevolg van velerlei vormen van verstoring (Blok 1964, Zegers 1973, Zwarts 1972 e.a.), blijkt wetenschappelijk verantwoord feitenmateriaal hierover vrijwel niet voorhanden te zijn. Zowel Blok (1964) als De Roos (1983) melden dat de reacties van steltlopers op de hoogwatervluchtplaatsen op Vlieland tijdens de schietoefeningen zeer variabel zijn. Soms vliegen ze massaal op en andere keren blijven ze zitten als was er niets aan de hand. Zegers (1975) meldt voor hetzelfde gebied dat de helikopteroefeningen de meeste verstoring veroorzaken. De schietoefeningen worden meestal genegeerd, behalve wanneer geschut van zwaar kaliber gebruikt wordt. Iets concretere gegevens over o.a. de militaire verstoringen van overtijende vogels op Vlieland worden verschaft door Van Koersveld et al. (1976). Ofschoon zij zelf geen enkele verdere bewerking van hun waarnemingsresultaten durfden te geven vanwege grote interpretatieproblemen, zijn de meest basale resultaten (aantal en verdeling naar aard van de potentiële verstoringbronnen en van de werkelijk verstorende verstoringbronnen), weergegeven in figuur 4. In totaal werden 204 potentiële verstoringbronnen geconstateerd, waarvan 85% inderdaad gedragsveranderingen te zien gaf. De meeste van deze potentiële verstoringen kwamen voor rekening van recreatieve activiteiten, vooral wandelaars. Ook laat figuur 4 zien dat vrijwel elke activiteit een gelijk aandeel uitmaakte van de potentiële verstoringbronnen als van de werkelijk verstorende bronnen. De enige uitzondering wordt gevormd door de schietoefeningen, waarbij minder vaak gedragsveranderingen werden opgemerkt dan op grond van het aanbod aan



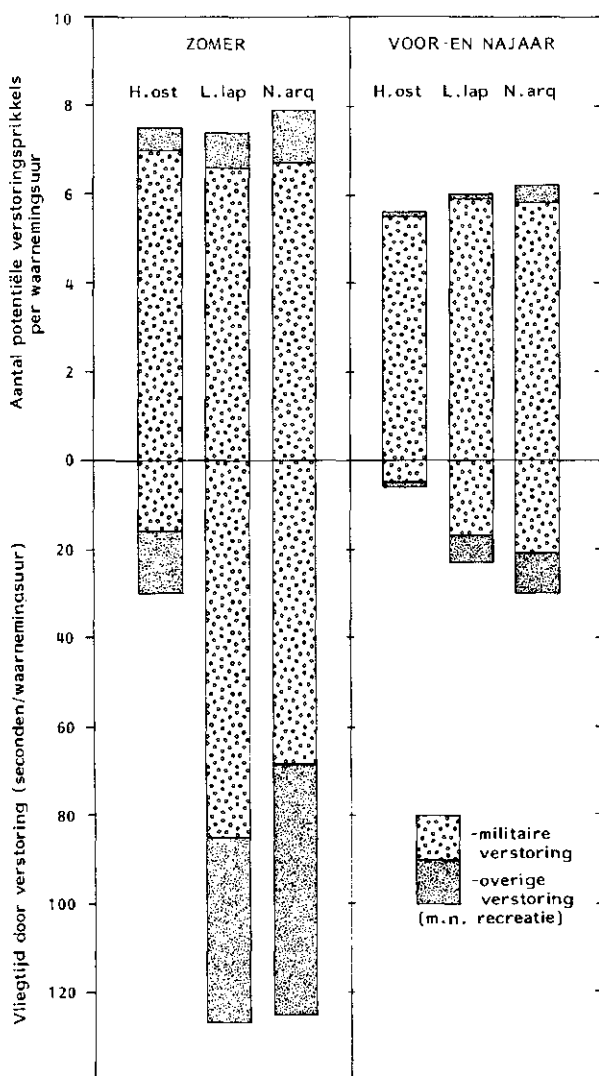
Figuur 4. Aanbod aan potentiële verstoringbronnen met verdeling naar herkomst en het aantal werkelijke verstoringen met verdeling naar herkomst in de herfst op Vlieland; de gegevens betreffen hoogwatervluchtplaatsen (Van Koersveld et al. 1976).

prikkels verwacht zou mogen worden. Ondanks het feit dat Van Koersveld et al. (1976) uitdrukkelijk niet willen bevestigen dat puur auditieve prikkels minder verstorend zouden zijn dan visuele prikkels of een combinatie van visuele en auditieve prikkels, wordt deze suggestie door de gegevens in figuur 4 wel gewekt.

De meest concrete gegevens, waarin ook een kwantificering van het verstoorde gedrag wordt gegeven, komen voort uit het onderzoek van Visser (1986) op de Noordvaarder op Terschelling. Gedragsveranderingen als gevolg van schietoefeningen vanuit straaljagers kwamen vrijwel niet voor.

Alleen het schieten met boordkanonnen (mitrailleurs), met name bij de zware A/O, gaf reacties te zien als opspringen en zelfs wegvliegen. De meeste militaire verstoringen waren hier echter te wijten aan het overvliegen van straaljagers, te weten 65% (n=617). Bovendien bleek dat hoewel 94% van de potentiële verstoringbronnen uit militaire activiteiten bestond, slechts 64% van de werkelijke verstoringen hieraan toe te schrijven was. Dit houdt in dat de hoogwatervluchtplaatsen op de Noordvaarder relatief vaker verstoord werden door niet-militaire (meestal recreatieve) dan door militaire activiteiten.

Visser (1986) hanteerde als maat voor de ernst van een verstoring de tijd die de vogels extra moesten vliegen, uitgedrukt in seconden, vliegtijd per waarnemingsuur. In figuur 5 is voor respectievelijk zomer en voor- en najaar het aantal potentiële verstoringsprikkels per waarnemingsuur weergegeven, alsmede de respons in seconden vliegtijd per uur van de drie voornaamste op de Noordvaarder overtijende soorten scholekster Haematopus ostralegus, rosse grutto Limosa lapponica en wulp. Tevens is steeds aangegeven in welke mate militaire activiteiten of andere, vooral recreatieve activiteiten, in het spel waren. Zeer opvallend is het verschil in respons tussen de drie soorten. Bij een ongeveer gelijk aanbod aan potentiële prikkels reageren rosse grutto en wulp veel heviger op alle vormen van verstoring dan de scholekster. Bij scholekster en wulp is het militaire aandeel in de extra vliegtijd 's zomers slechts ca. 55%, bij de rosse grutto ligt op 68%. In voor- en najaar is het militaire aandeel bij alle soorten hoger (70-75%), maar ook het aanbod aan potentiële verstoringen is voor een groter gedeelte van militaire aard. Dat bij de wulp in beide perioden het aandeel niet-militaire verstoringbronnen hoger ligt dan bij de andere soorten, is toe te schrijven aan het feit dat de Noordvaarder alleen 's morgens door deze soort als hoogwatervluchtplaats wordt gebruikt (Visser 1986). De militaire activiteiten zijn dan nog relatief gering van omvang. Bij een gelijk absoluut aantal potentiële militaire prikkels per uur blijkt de Wulp echter toch minder hierdoor verstoord te worden dan de rosse grutto. Daarentegen brengt de recreatie bij eerstgenoemde soort juist een heviger storing teweeg. Een tweede opvallend aspect van figuur 5, namelijk het grote verschil tussen de zomer enerzijds en voor- en najaar anderzijds, zal later worden behandeld.



Figuur 5. Aantal potentiële verstoringssprikels per waarnemingsuur (militair en niet-militair) en vliegtijd door verstoring (militair en niet-militair, in seconden per waarnemingsuur) in zomer en in voor- en najaar van scholekster Haematopus ostralegus, rosse grutto Limosa lapponica en wulp Numenius arquata, naar gegevens van Visser (1986).

Waarschijnlijk kan voortdurende geluidoverlast, veelal gekoppeld aan visuele activiteiten (al of niet als gevolg van militaire oefeningen), op den duur leiden tot de verplaatsing van vaste rust- of slaappleatsen. Zo wordt de onrust op de Vliehors door Blok (1964) genoemd als oorzaak voor de verandering van rustplaats voor eidersenden van voornoemd gebied naar de Richel ten oosten van Vlieland. Zowel Blok (1964) als De Roos (1983) melden dat kanoetstrandlopers Calidris canutus tijdens de oefeningen geen

hoogwatervluchtplaatsen op Vlieland gebruiken, maar naar elders uitwijken. Visser (1986) acht het op grond van vele jaren van tellingen zeer waarschijnlijk dat op de Noordvaarder in de periode 1955-1965 (toen hier veel intensiever geoefend werd dan ervoor en erna) minder scholeksters en rosse grutto's overtijden dan voor 1955 en na 1965. Ook kan het verdwijnen van hoogwatervluchtplaatsen van regenwulp Numenius phaeopus, kanoetstrandloper, bonte strandloper Calidris alpina en krombekstrandloper Calidris ferruginea te wijten zijn geweest aan verstoring door militaire en/of recreatieve activiteiten (Smit & Visser 1984). Zegers (1975) meldt dat een hoogwatervluchtplaats van scholeksters nabij het schietterrein in de marinehaven van Den Helder tot ongeveer een maand na een oefening niet in gebruik genomen werd. Ook bij grauwe ganzen Anser anser in de Biesbosch werd vastgesteld dat permanent verstoorde delen van het terrein (nabij een bewoond huis) pas in gebruik werden genomen, toen de verstoring definitief verdween (het huis raakte onbewoond, Loosjes 1974).

4.4 Foeragerende vogels

Ook de informatie over de effecten van geluidhinder op foeragerende vogels op het wad is zeer beperkt. Wel publiceerde Zegers (1973) enige voorlopige resultaten van onderzoek naar vluchtgedrag en uitwijkmogelijkheden bij foeragerende steltlopers, maar de verstoringen waren hier steeds van uitsluitend visuele aard. Incidentele waarnemingen van De Roos (1983) op Vlieland suggereren dat overdag foeragerende vogels zich meestal niet al te veel van geluid aantrekken, maar dat 's nachts de met lichtflitsen en knallen gepaard "photo-flash"-oefeningen schrikreacties bij foeragerende bonte strandlopers veroorzaken. Overvliegende straaljagers werden ten zuiden van Vlieland door de foeragerende steltlopers meestal genegeerd (Smit & Visser 1984). Af en toe werd het foerageren even gestaakt en zelfs werden vliegreacties van 10-30 seconden opgemerkt. Pas in het gebied gearriveerde vogels reageerden vaak iets heftiger. Sterke reacties werden wel gezien bij langzamer vliegende A-10-straaljagers oefenend boven de Vliehors. Onduidelijk blijft in hoeverre de gevoeligste soorten of individuen al bij de eerste overvliegende straaljagers het gebied hebben verlaten (Smit & Visser 1984). Bij meer specifiek op geluideffecten gerichte waarnemingen merkten Rylander et al. (1974) op dat bij het geluid van overvliegende subsonische vliegtuigen solitair foeragerende steltlopers sterk wisselend reageren (van gewoon

doorgaan met eten tot wegvliegen) en dat zwemvogels hooguit even opkeken. Bij knallen van vliegtuigen die door de geluidsbarrière gingen, staakten duikende watervogels het foerageren en gingen dicht op elkaar zwemmen. Wilde kalkoenen stopten bij dergelijke knallen eveneens met voedsel zoeken en gingen soms zelfs lopend op de vlucht om na 15-20 seconden weer verder te gaan met eten (Lynch & Speake 1978). Knallen van militaire oefeningen of jachtactiviteiten kunnen in eerste instantie bij rotganzen Branta bernicla hevige schrikreacties veroorzaken (Owens 1977, Thissen & Bruggeman 1982). Indien de knallen gepaard gaan met systematische verjaging en/of met jacht, verdwijnen de vogels al snel naar een ander foerageergebied (Thissen & Bruggeman 1982). Als er echter geen gevaar aan de knallen is verbonden en er bovendien een zekere regelmaat bestaat in het optreden ervan, blijkt snel habituatie op te treden (Owens 1977).

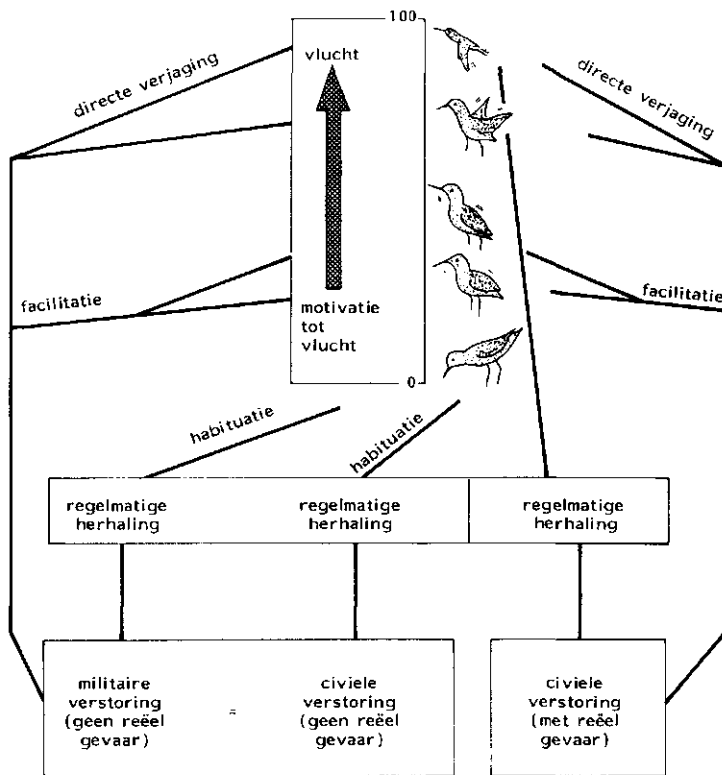
De effectiviteit van harde knallen als verjagingsmethode voor foeragerende vogels is bij diverse vogelsoorten onder verschillende omstandigheden onderzocht. Zo werden zilvermeeuwen verjaagd van mosselcultures in Bretagne (Camberlein & Flote 1978), rotganzen uit grasland en erwtenland op Texel (eigen obs.) en Terschelling (Thissen & Bruggeman 1982) en aalscholvers Phalacrocorax carbo van visvijvers bij Lelystad (Osieck 1982). In al deze gevallen bleek dat de knallen bij de eerste confrontatie sterke verstoring en veelal de (in dit geval gewenste) verjaging te zien gaven. Bij herhaling van de knallen zonder meer bleek echter dat de vogels al snel niet meer reageerden. Waarschijnlijk zijn bij deze gevallen vaak steeds dezelfde individuen betrokken, die uit ervaring geleerd hebben dat de knallen geen gevaar betekenen. Afwisseling van de knallen met het afspelen van angstkreten of combinatie met daadwerkelijk afschieten heeft bij zilvermeeuwen en rotganzen geleid tot een langduriger effect (cf. ook Thomas 1972). Dit kon echter voor aalscholvers niet aangetoond worden. Knallen van propaankanonnen bleken voor op pieren en havenhoofden rustende aalscholvers wel een verjagend effect te hebben mits een redelijke alternatieve rustplaats voor handen was (Martin & Martin 1984).

Duidelijk is dat verstoring van foeragerende vogels al veel eerder negatieve consequenties voor de dieren zal hebben dan verstoring van andere gedragshandelingen. Ieder moment dat een vogel vanwege een "onnatuurlijke" oorzaak niet aan voedsel zoekt, besteedt, terwijl dat wel in de "bedoeling" lag, is dubbel energieverlies: de vogel heeft in ieder geval tijdelijk een geringe voedselopname en besteedt bovendien energie

aan een handeling die overbodig had moeten zijn (cf. o.a. Zwarts 1972, Zegers 1973, Buurma 1977). Dit verlies moet dan ook niet alleen in tijd, maar ook in energie gecompenseerd worden (cf. Schilperoord & Schilperoord-Huisman 1981). Op de mogelijke consequenties hiervan wordt in het volgende hoofdstuk verder ingegaan.

4.5 Habituatie, facilitatie en cumulatie van effecten

Definities van de begrippen habituatie, facilitatie en cumulatie van effecten zijn in hoofdstuk 1 gegeven. Hier zal worden ingegaan op het al of niet optreden van deze processen op de factoren die hierop van invloed zijn (fig. 6). Bij bovengenoemde processen blijkt een duidelijk onderscheid gemaakt te moeten worden tussen enerzijds verstoringen die geen reëel gevaar voor de vogels betekenen en verstoringen die dat wel inhouden. Voorbeelden van eerstgenoemde categorie zijn (militaire) schietoefeningen, lawaai van overvliegende vliegtuigen of van gemotoriseerde voertuigen en recreatieve verstoringen. Reëel gevaar lopen vogels bij natuurlijke verstoringbronnen (vrijwel altijd roofvogels) en bij bejaging. Lebrecht (1975) wees er terecht op dat de scheiding tussen verstoringen met en zonder reëel gevaar soms moeilijk te maken is. Als voorbeeld noemde hij de ongevaarlijk lijkende verstoring van troepen ganzen door vliegtuigen of helikopters. Hun reactie op een jagende zeearend Haliaeetus albicilla blijkt hier echter sterk op te lijken, wat doet vermoeden dat vliegtuigen in ieder geval onder bepaalde omstandigheden door de vogels zelf wel als een reëel gevaar worden ervaren. In geval van verstoringen met reëel gevaar zal niet snel habituatie optreden, wat heel duidelijk geïllustreerd wordt aan de hand van voorbeelden uit Zwitserland, West-Duitsland en Denemarken, waar in geschikte waterwildgebieden extreme jachtdruk gepaard ging met een vrijwel verdwijnen van de vogels. Een gebied langs de bovenloop van de Rhône in Zwitserland werd in 1962 tot verboden jachtgebied verklaard, waardoor het gemiddeld aantal overwinterende eenden aldaar van vrijwel nul toenam tot ruim 1500 exemplaren (Géroutet 1967). Vergelijkbaar is het geval van twee aan elkaar grenzende kustgebieden in Schleswig-Holstein, waar het aantal watervogels tot eind september op ongeveer hetzelfde niveau blijft. Als dan echter in het ene gebied in oktober de jacht geopend wordt, nemen de aantallen hier af tot vrijwel nul, terwijl ze in het andere, beschermde gebied constant blijven (Brehm 1971). Tenslotte is



Figuur 6. Schematische weergave van de begrippen habituatie en facilitatie, de omstandigheden waaronder deze processen te verwachten zijn en de invloeden van deze processen op het gedrag van een foeragerende steltloper.

tijdens het jachtseizoen in Denemarken 90% van de in West-Jutland vertoevende eenden te vinden op de slechts 20% van het totale oppervlak aan water dat binnen beschermde reservaten ligt (Melftofte 1982). Bij deze voorbeelden is niet alleen geen sprake van gewinning aan de verstoring, maar bovendien zullen de vogels door de angst voor de jacht steeds schuwer worden en dus steeds eerder verstoord worden (Melftofte 1982). Deze soort verstoring met reëel gevaar werkt dus in hoge mate facilitatie in de hand.

Bij verstoringen van het eerste type kan wel habituatie optreden. Alle hiervoor genoemde voorbeelden van broedvogels met ongestoord broedgedrag ondanks de nabijheid van luidruchtig antropogeen geluid zijn in deze illustratief. Habituatie kan zelfs al zeer snel optreden bij geluidsoverlast, zoals door Van Eerden & Smit (1979) in de Lauwerszeepolder werd waargenomen. Een van de typische reacties van een groep wintertalingen Anas crecca op een serie schoten was, dat bij de eerste 1 à 2 schoten een flink aandeel van de groep opvloog, een rondje draaide en weer

neerstreek, terwijl bij de daarop volgende schoten vrijwel geen reactie meer waargenomen werd. Hier bleek een zeer korte periode voldoende om de vogels met het geluid vertrouwd te maken. Dat echter hetzelfde geluid in andere gevallen niet tot habituatie maar juist tot facilitatie leidde, blijkt uit een tweede type vliegreacties, waarbij het aandeel na een schot opvliegende wintertalingen vrijwel onafhankelijk was van het rangnummer van het schot. Ook de al eerder beschreven vluchtreactie waarbij een gedeelte van het gebied verlaten werd na een reeks schoten duidt op het optreden van facilitatie. Van Eerden & Smit (1979) waren op grond van hun waarnemingsresultaten niet in staat aan te geven welke factoren bepalend waren voor de vraag of bij een reeks schoten habituatie dan wel facilitatie zou optreden. Evenals Wolff (1977) en Owens (1977) vermoeden zij echter dat regelmaat en voorspelbaarheid in het patroon van optreden van de oefeningen habituatie sterk zullen bevorderen. Een andere factor, die eveneens al eerder ter sprake is geweest, is de vraag in hoeverre het steeds dezelfde individuen zijn die aan de potentiële verstoring blootgesteld zijn. In geval van broedvogels zowel als bij de overlast van aalscholvers op visvijvers of zilvermeeuwen op mosselcultures lijkt dit zeer aannemelijk en omdat habituatie vooral berust op leerprocessen van individuele vogels, mag het dan ook niet verwonderlijk heten, dat juist in deze gevallen vaak gewenning is vastgesteld. Ook volgt hieruit dat gebieden met een sterke doorstroming van trekvogels, zoals de Waddenzee en ook de Lauwerszeepolder, kwetsbaarder zijn voor verstoringen, ook al zijn die onschuldig en van een regelmatig patroon. Er worden namelijk steeds andere individuen met de geluidsoverlast geconfronteerd. Habituatie zou in dit soort gebieden een meerjarenproces moeten zijn.

In figuur 6 is schematisch weergegeven hoe de twee typen verstoringen (zonder en met reëel gevaar) zowel bij eenmalig optreden als bij regelmatige herhaling kunnen inwerken op de motivatie tot vlucht van foeragerende wadvogels. Militaire verstoringen en civiele verstoringen zonder reëel gevaar zijn hier wat betreft hun uitwerking als gelijkwaardig beschouwd. Duidelijk is te zien dat eenmalige verstoringen steeds kunnen leiden tot zowel directe verjaging als tot facilitatie, in dit geval een verhoogde alertheid en een verhoogde motivatie tot vluchten. Bij regelmatige herhaling van de "onschuldige" verstoringen zal in de regel habituatie optreden: de vluchtmotivatie zal niet of nauwelijks meer toenemen. Bij regelmatige herhaling van een "gevaarlijke"

verstoring zal verjaging het gevolg kunnen zijn (cf. G roudet 1967, Brehm 1971, Meltofte 1982, Thissen & Bruggeman 1982, Madsen 1985). Essentieel voor een goed begrip van het schema is dat bij door een verstoring gefaciliteerde vogels een lichtere verstorende prikkel (van andere aard) nodig is om de vogels te verjagen dan bij rustig foeragerende exemplaren. Alleen regelmatige herhaling kan habituatie tot gevolg hebben.

Het wordt nu duidelijk hoe cumulatie van de effecten van twee of meer verschillende verstoringen kan plaatsvinden. Zowel het "optellen" van de verstorende invloeden van een zelfde type verstoring, indien niet op voorspelbare wijze herhaald, als het samen of kort na elkaar optreden van verschillende typen verstoringen werkt een steeds hogere motivatie tot vlucht in de hand via wederzijdse facilitatie. Dit zal des te sterker werken, naarmate er met grotere frequentie combinaties optreden van verstoringen met reëel gevaar. De door Meltofte (1982) gemelde extreme schuwheid van watervogels en steltlopers in de bejaagde gebieden van Denemarken is hier een goed voorbeeld van. Een goed met cijfermateriaal gedocumenteerd voorbeeld van cumulatie van de effecten van verschillende bronnen van verstoring is te zien in de aan Visser (1986) ontleende figuur 5. De verschillen in respons van alle drie de onderzochte steltlopers tussen zomer enerzijds en voor- en najaar anderzijds zijn alleen op deze wijze verklaarbaar te maken. Het voornaamste verschil tussen beide perioden is de veel grotere frequentie van verstoringsprikkels door recreatie in de zomermaanden. Dit is kennelijk juist de druppel die de emmer doet overlopen en de motivatie tot vlucht zodanig versterkt dat er in die periode veel meer gevlogen wordt. Uit de gegevens van Visser (1986) komt bovendien naar voren dat, ofschoon in beide perioden het aanbod aan militaire prikkels niet sterk verschillend is, de reactie op militaire verstoringen in de zomer heviger is dan in voor- en najaar. De facilitatie als gevolg van de recreatieve verstoringen heeft kennelijk tot gevolg dat de habituatie aan de militaire prikkels vermindert. Of ook het omgekeerde proces optreedt (de facilitatie door de militaire activiteiten verhoogt de respons op een recreatieve verstoring) is uit figuur 5 niet duidelijk op te maken. Dit fenomeen dat cumulatie van de effecten van twee ingrepen resulteert in een effect groter dan de som van effecten van de afzonderlijke ingrepen, wordt door Dijkema et al. (1985) synergisme genoemd.

Het mogelijk optreden van cumulatie van effecten is bij het beoordelen van de invloed van geluidoverlast op vogels ook in de praktijk van belang

gebleken. In ieder geval op de Noordvaarder (Terschelling) wordt de onrust van de overtuigende wadvogels cumulatief en zelfs synergistisch verhoogd door alle vormen van menselijke activiteit. Zonder de constant aanwezige militaire activiteiten zou waarschijnlijk de verstoringdrempel van de vogels lager liggen.

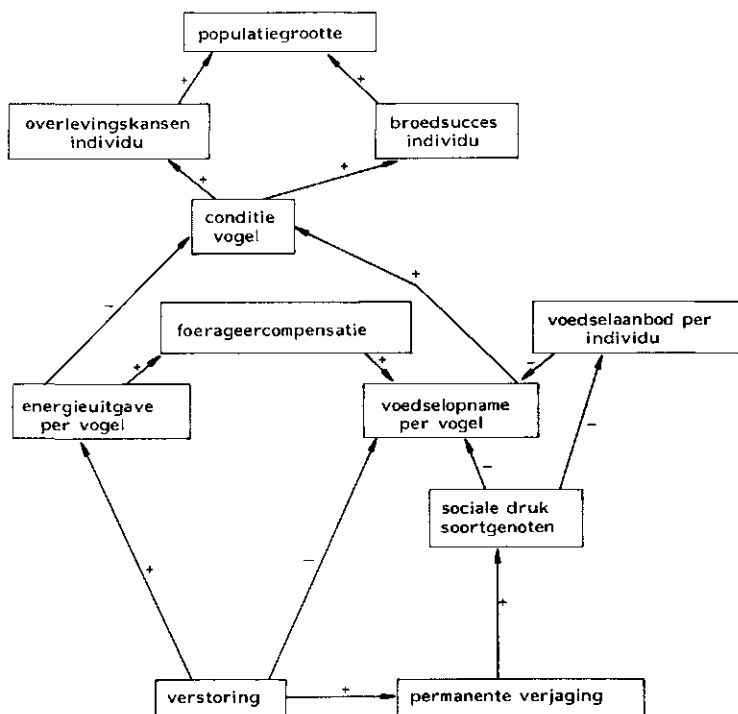
5. GEVOLGEN VAN VERSTOORD GEDRAG VOOR DE LANGERE TERMIJN

5.1 Algemeen

Vooraf de gevolgen op langere termijn van het verstoorde gedrag voor het leven van de vogels zijn van belang voor de invloed op populatieniveau (cf. Smit & Visser 1984, Van Mourik et al. 1985). Op verschillende manieren, direct en indirect, kunnen verstoringen een negatieve invloed uitoefenen op de conditie van de verstoorde individuen, waardoor zowel hun eigen overlevingskansen als hun voortplantingssucces in gevaar komen. In figuur 7 zijn deze interacties schematisch weergegeven (uitbreiding van Smit & Visser 1984). Verstoring kan volgens dit schema via drie wegen leiden tot een verslechtering van de conditie van de vogel:

1. Verhoging van de energieuitgave van de vogel door hem energie te laten besteden aan in principe overbodige handelingen (vooral het energetisch zeer dure vliegen),
2. Vermindering van de voedselopname van de vogels als gevolg van een (tijdelijk) tekort aan tijd om te foerageren,
3. Veroorzaking van permanente verjaging uit een bepaald (foerageer)gebied, wat leidt tot een hogere dichtheid of tot een sterkere sociale druk van soortgenoten in de nog onverstoorde gebieden.

Via de eerste twee wegen wordt de conditie zowel direct aangetast (verhoogde uitgaven en verminderde inkomsten) als indirect via de noodzakelijke foerageercompensatie, die een extra negatieve invloed heeft op het voedselaanbod per individu (cf. Schilperoord & Schilperoord-Huisman 1981). De derde weg is al een indirecte weg. Permanente ongeschiktheid van een gebied als gevolg van te veel verstoring aldaar dwingt de individuen uit te wijken naar andere



Figuur 7. Schema van de mogelijk optredende interacties tussen de energiehuishouding van een vogel in zijn omgeving met de populatiegrootte onder invloed van verstoringen van zijn gedrag (uitgebreid naar Smit & Visser 1984).

gebieden, waardoor ze in conflict raken met de daar "normaal" al aanwezige soortgenoten. Toenemende vogeldichtheid op het wad werkt remmend op de individuele voedselopname, zowel door interferentie tussen de individuen (o.a. agressie en kleptoparasitisme, het roven van elkaars voedsel) als door een snellere uitputting van de beschikbare voedselvoorraad (Zwarts & Drent 1981).

Zo zien we dat verstoring niet alleen door zijn directe invloed op zeer korte termijn, maar ook via indirecte invloeden op langere termijn, ingrijpende gevolgen kan hebben voor de ecologische draagkracht van het verstoorde gebied voor vogels. Dit houdt in dat vogels, die normaal verbleven in het verstoorde gebied, de wijk moeten nemen naar andere gebieden. Dit kost energie en foerageertijd en bovendien is het nog maar sterk de vraag of het voedselaanbod en de te verwachten concurrentie van de in de potentiële uitwijkgebieden verblijvende vogels deze mogelijkheid wel openlaten. Hieronder zullen in zeer kort bestek enige aspecten van de ecologie van wadvogels, te weten energie- en tijdsbesteding, terreinkeuze en sociaal gedrag, worden behandeld, die van belang kunnen zijn voor het

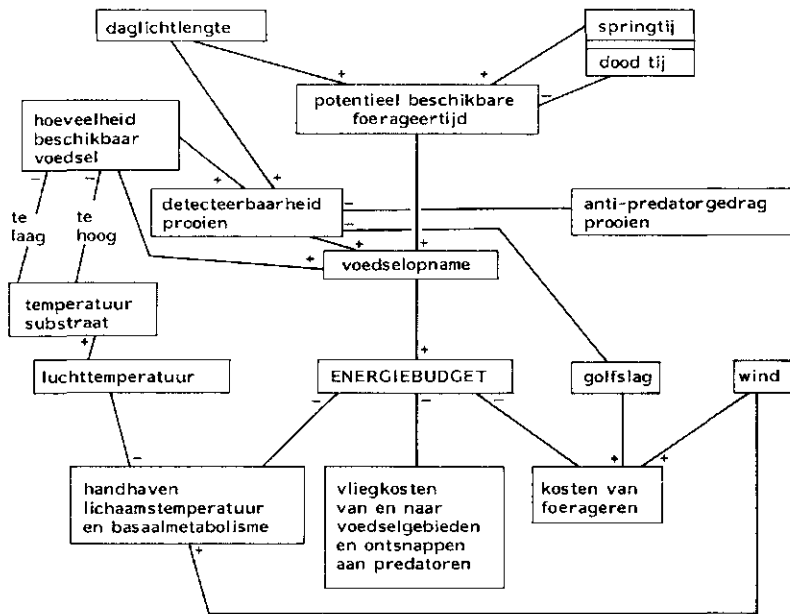
doen van voorspellingen over de lange-termijnevolgen van een permanente verstoring van een gebied.

5.2 Energiebudget en tijddeling

Evans (1976) geeft een duidelijk overzicht van alle natuurlijke factoren die van invloed zijn op de energiebalans van steltlopers. In figuur 8 staan deze schematisch weergegeven. Hij onderscheidt drie kostenfactoren met een directe negatieve invloed op het energiebudget en een groot aantal factoren die van invloed zijn op de voedselopname.

Binnen de eerste categorie factoren is weer onderscheid te maken tussen: de kosten van instandhouding van de lichaamstemperatuur en de normale stofwisselingsprocessen, de kosten van het vliegen (zowel het pendelen tussen hoogwatervluchtplaats en foerageergebied als het extra vliegen om predatoren en verstoringen te ontwijken) en de kosten van het foerageren zelf. Behalve de laatste kunnen al deze kostenfactoren op gezette tijden interfereren met verstoringen. Zo zullen de kosten van instandhouding van lichaamstemperatuur en metabolisme (die hoger worden bij kouder weer en hardere wind) onder bepaalde omstandigheden sterk kunnen interfereren met de effecten van verstoring. Bij ongunstige weersomstandigheden zal dus een zelfde verstoring leiden tot een groter energieverlies bij de verstoorde vogels (cumulatie van effecten, cf. Dijkema et al. 1985). Dat de vlieggkosten toenemen als gevolg van verstoringen, ligt voor de hand. Smit & Visser schatten dat rosse grutto's ongeveer 3% en scholeksters 1% extra energieuitgaven per dag hebben als gevolg van verstoring. Echter ook de afstand die de vogels gemiddeld tussen hoogwatervluchtplaats en foerageergebied moeten afleggen, kan als gevolg van permanente verstoring van een bepaald deel van het foerageergebied vergroot worden. Omdat het verleggen van een hoogwatervluchtplaats naar een gebied dichterbij maar zelden voorkomt (mogelijk uit schroom om deze potentiële informatiebron op te geven, Ward & Zahavi 1973, Evans 1976), brengt dit voor de bewuste vogels met zich mee, dat er per etmaal vier maal een langere afstand dan normaal vliegend moet worden afgelegd.

Het extra vliegen als gevolg van verstoringen is een energetisch niet te verwaarlozen factor. Het energieverlies van een kleine rietgans Anser brachyrhynchus als gevolg van één minuut extra vliegen moet naar een schatting van Schilperoord & Schilperoord-Huisman (1981) gecompenseerd



Figuur 8. Schema van de natuurlijke wisselwerkingen tussen de energiebalans van een steltloper en de diverse omgevingsvariabelen (gebaseerd op Evans 1976).

worden door 1 1/2 - 2 minuten extra aan foerageren te besteden. Hierbij is inbegrepen de tijd die de vogel door het vliegen niet aan foerageren heeft kunnen besteden, zodat de netto compensatie voor het energieverlies ligt op 1/2 - 1 minuut foerageren per minuut vliegen. Deze theoretische voorspelling werd ook in de praktijk vastgesteld: met name in de eerste anderhalf uur na een verstoring foerageerden de ganzen duidelijk intensiever en gemiddeld inderdaad ruim 1 1/2 minuut per gans extra voor iedere minuut vliegen. Schilperoord & Schilperoord-Huisman (1981) waren niet in staat om over langere termijn (van dagen) ook foerageercompensatie vast te stellen voor geleden energieverliezen.

Van de door Evans (1976) onderscheiden factoren van invloed op de voedselopname is vooral de beschikbare hoeveelheid tijd voor foerageren van belang voor een beschouwing over verstoringseffecten. Duidelijk is dat verstoring van het gedrag op de foerageergebieden direct leidt tot tijdverlies. Bij het hierboven genoemde voorbeeld van de kleine rietgans bleek dat bij een redelijke spreiding van de verstoringen over de hele daglichtperiode (dus geen concentratie in de laatste avonduren) de vogels

zowel tijd- als energieverlies meestal nog binnen dezelfde dag door langer te foerageren konden compenseren (Schilperoord & Schilperoord-Huisman 1981). Het zal echter voor wadvogels, die slechts gedurende de helft van het etmaal of minder bij hun voedsel terecht kunnen (cf. Zwarts 1972), veel moeilijker zijn om een dergelijke compensatie te realiseren. Daarnaast zal een verhoogde predatiedruk optreden op de in onverstoorde foerageergebieden beschikbaar prooien, zowel omdat daar meer vogels terecht moeten als omdat de verjaagde vogels moeten overcompenseren. Verschillende prooi-soorten ontwikkelen bij hogere predatiedruk een anti-predatorgedrag (dieper ingraven tot buiten het bereik der snavels), terwijl ook uitputting van de voorraad beschikbare prooien door de predatie zelf leidt tot een verminderd voedselaanbod. Op aspecten van sociale interferentie als gevolg van hogere wadvogel-dichtheden zal later nog ingegaan worden.

5.3 Terreinkeuze en sociale interacties

In hoofdstuk 3 is al aan de hand van enkele praktijkvoorbeelden aangetoond dat een permanente verstoringsfactor in een gebied voor sommige soorten het gebied zo onaantrekkelijk kan maken, dat ze daar niet meer komen. De individuen van deze soorten zullen dus naar alternatieve gebieden moeten uitwijken. Dit kan alleen, indien deze alternatieve gebieden nog voldoende ruimte bieden om deze "vluchtelingen" op te vangen (Evans 1976). Nog los van de vraag of er in een bepaald gebied wel voldoende voedsel voor handen is voor het levensonderhoud van een hogere dichtheid aan wadvogels dan "normaal", staat de vraag of de sociale interacties tussen de vogels onderling een dergelijke verandering van terreinkeuze wel zullen toestaan. Zowel Zwarts (1981) als Zwarts & Drent (1981) laten overtuigend zien dat toename van de dichtheid van scholeksters op een mosselbank via een geringer aandeel foeragerende vogels leidt tot een geringere gemiddelde voedselopname per vogel. Dit is niet alleen het gevolg van een uitputting van de hoeveelheid beschikbare prooien per vogel door de predatiedruk, omdat hetzelfde fenomeen ook werd waargenomen als er modellen van scholeksters op de mosselbank werden geplaatst (Zwarts & Drent 1981). De loutere aanwezigheid van soortgenoten werkt kennelijk al negatief op het foerageersucces, mogelijk vanwege een grotere neiging om op elkaar te letten en te proberen elkaars pad te vermijden (cf. Ens & Goss-Custard 1984). Bovendien neemt bij een hogere dichtheid het over en weer stelen van elkaars prooien toe, alsmede ook

het klepto-parasitisme door zilvermeeuwen en stormmeeuwen Larus canus (Zwarts & Drent 1981). Het is duidelijk dat scholeksters en dan met name de minder dominante exemplaren (er bestaan consistente verschillen in dominantie en bovendien blijken vooral de dominante vogels nogal plaatstrouw te zijn) de hoogste dichtheden moeten zien te vermijden, omdat ze anders hun kostje niet bij elkaar kunnen krijgen; de dominante vogels weten hun voedselopname bij hogere dichtheden wel op peil te houden (Ens & Goss-Custard 1984). De consequentie van dit alles is dat verstoorde scholeksters, ook al zou er in de alternatieve foerageergebieden ondanks de verhoogde dichtheid wel voldoende voedsel per individu beschikbaar zijn, vrijwel zeker niet in staat zijn op een andere plaats een even grote voedselopname te bereiken als op hun oorspronkelijke plaats (cf. ook figuur 6), terwijl hun opname zelfs groter zou moeten zijn om de extra vlieggkosten te compenseren. Een deel van de wulpen blijkt op het wad zelfs voedselterritoria te verdedigen (Ens & Zwarts 1980), zodat ook bij deze soort sociale druk alleen al het uitwijken van verstoorde vogels naar alternatieve gebieden bemoeilijkt. De constatering van Zegers (1973) dat gebieden grenzend aan verstoorde gebieden gedurende de verstoring geen hogere dichtheden aan steltlopers laten zien, bevestigt het bestaan van bovengenoemde processen.

Zwarts (1972) noemt naast de sociale restricties nog een tweetal andere factoren die de terreinkeuze van verstoorde wadvogels beperken. De foerageergebieden mogen, vooral bij de kleinere soorten steltlopers, niet meer dan een paar kilometer van de hoogwatervluchtplaats liggen en de verschillende soorten wadvogels vertonen veelal een specifieke voorkeur voor een bepaald type wad (b.v. kanoetstrandlopers op zandig wad, tureluurs Tringa totanus op slibrijk wad en kluten op zeer slibrijk wad), zodat ze niet zo maar op ieder stuk wad terecht kunnen na verstoring.

Uit het bovenstaande wordt duidelijk dat het optreden van permanente verstoringbronnen in een bepaald deel van het Waddengebied, indien er geen habituatie optreedt bij de vogels, kan leiden tot een drastische vermindering van de draagkracht van het gehele gebied, omdat er nauwelijks reële uitwijkmogelijkheden zijn. Dit zal al zeer snel zijn weerslag op populatieniveau hebben.

6. DISCUSSIE

Bij de beoordeling van te verwachten invloeden van lawaai op het gedrag van wadvogels is van essentieel belang de kans op het optreden van habituatie te kunnen voorspellen. Naarmate de kans hierop namelijk groter is, zal het effect van lawaai op de vogels op langere termijn geringer zijn en zullen er dus minder redenen zijn om maatregelen ter beperking van het lawaai te nemen. De mogelijkheden tot habituatie worden belemmerd door de associatie van de geluiden met reële gevaren (Meltotte 1982) of met schrikkanjagende visuele beelden (Shaw 1978, Van Eerden & Smit 1979). Naarmate er vaker combinaties van auditieve en visuele prikkels optreden, zal habituatie moeilijker tot stand komen. Dit zal zeker het geval zijn, wanneer de visuele prikkels zeer bedreigend zijn vanwege een gelijkenis met predatoren of wanneer ze werkelijk gevaarlijk zijn (Lebret 1975). Een op zichzelf "onschadelijke" auditieve prikkel kan door de door de vogels gemaakte associaties een steeds sterkere facilitatie veroorzaken en uiteindelijk leiden tot verstoring en verjaging, zelfs zonder dat de visuele prikkels ook zijn gepresenteerd. Omgekeerd kan habituatie juist in de hand worden gewerkt door frequente herhaling van de prikkels. Hierdoor leren de vogels sneller dat er geen gevaar verbonden is aan het omgevingsvreemde geluid en zo wordt het geluid langzamerhand opgevat als behorend tot de omgeving. Regelmaat (voorspelbaarheid) in het optreden van de geluidprikkel stimuleert het habituatieproces (Wolff 1977). Om verstoringen door geluid te minimaliseren dient gezorgd te worden voor een minimale met de geluiden geassocieerde menselijke activiteit in het veld en voor een maximale voorspelbaarheid van de geluidproductie in de tijd.

De mogelijkheid bestaat dat er, ondanks ogenschijnlijke onverschilligheid ten aanzien van harde geluiden (als gevolg van habituatie), toch fysieke of zelfs psychische stress veroorzaakt kan worden. Dat in laboratoriumomstandigheden deze verschijnselen bij toediening van geluid zijn vastgesteld (Marler et al. 1973, Counter 1985), hoeft niet te betekenen dat dit ook zal optreden in het veld waar vogels uitwijkmogelijkheden kunnen hebben. Bij een sterke binding met het verstoorde gebied (b.v. omdat er gebroed wordt, omdat het een zeer goed voedselgebied is, of omdat er vrijwel geen natuurlijke predatoren voorkomen) kan ook een in het wild levende vogel een hinderlijke geluidoverlast als het ware "op de koop toe" nemen, ondanks de eventuele

schade die hem dit fysiek of psychisch zou kunnen berokkenen. De vaststelling van sterk verhoogde hartslagfrequenties bij broedende vogels tijdens verstoringen (Jungius & Hirsch 1979) maakt aannemelijk dat deze processen ook in de natuur kunnen optreden. Slechts veel diepgaander onderzoek dan wat tot dusver heeft plaatsgevonden, kan leiden tot voor beleidsdoeleinden bruikbare gegevens over de mate waarin deze "onzichtbare" vorm van verstoring onder verschillende omstandigheden zal optreden. Wel is duidelijk dat bij deze verstoring habituatie vrijwel niet zal kunnen voorkomen omdat het niet meer om leerprocessen gaat.

Vogels kunnen als gevolg van verstoring ook definitief uit een gebied verdwenen zijn. Er zijn praktijkvoorbeelden bekend, waarbij sterke aanwijzingen zijn verkregen dat menselijke verstoring inderdaad geleid heeft tot het vermijden van de onrustige gebieden (Loosjes 1974, Melftote 1982, De Roos 1983, Madsen 1985). Bij een studie over een kortere termijn zou dan ook geconcludeerd kunnen worden, dat er geen sprake is van negatieve invloed van verstoring op de in het gebied aanwezige vogels, terwijl in feite de gevoeligste soorten al lang verdwenen zijn (Thissen 1983, Smit & Visser 1984). Alleen gedegen vergelijking tussen onverstoorde en verstoorde situaties b.v. door vergelijking van twee of meer gelijksoortige gebieden met verschillende verstoringssintensiteiten (Brehm 1971), door een langjarig onderzoek aan hetzelfde gebied bij een wisselende verstoringdruk (Géroutet 1967) of door vergelijking van de situaties voor en na de introductie van een verstoringbron, kan over deze kwestie uitsluitel geven.

Behalve de beoordeling van de verstoring door geluid is ook de voorspelling van de invloed op lange termijn van verstoord gedrag van individuen op populatieniveau van belang (Smit & Visser 1984). Hiertoe zijn de eerste stappen gezet door middel van schattingen van de extra dagelijkse energiebehoeften van vogels als gevolg van de verloren foerageertijd en het verrichten van extra energieuitgaven (b.v. door meer te vliegen of te rennen). Deze extra energiebehoeften moeten worden gecompenseerd met een verhoogde voedselopname om niet op hun reserves te hoeven interen. Over de vraag in hoeverre deze compensatie door de "ecologische flexibiliteit" van de vogel in zijn ecosysteem gebracht kan worden is veel gespeculeerd, maar alleen langjarig detailonderzoek zal hierop een concreet antwoord kunnen verschaffen (Smit & Visser 1984). In ieder geval zal duidelijk zijn dat naarmate grotere gebieden heviger verstoord worden en er ook andere milieubedreigingen komen (b.v. het

verminderen van beschikbaar voedsel door areaalverkleining of door overbevissing), de ecologische flexibiliteit van de vogels minder wordt. De kans dat een kleine extra belasting door de introductie van een nieuwe verstoringsbron grote negatieve gevolgen heeft, wordt echter groter.

7. SUMMARY

The great importance of the Wadden Sea, for instance for several millions of birds originating from arctic and subarctic breeding grounds in North America, Europe and Siberia, justified the building up of a knowledge on the possible negative consequences of all kinds of human use of the area to birds. This report reviews all available knowledge on the effects of especially sound production caused by military activities on waders and waterfowl.

Military activities in the Dutch part of the Wadden Sea concentrate in the western part of the area. At the moment of production of this report in the eastern part relatively few activities take place. This will change in 1988, however, when in the Lauwerszeepolder-area training and shooting exercises will commence.

This report points out what factors determine whether sound production may lead to negative consequences for birds. It also gives information how sound production can be translated into quantitative statements on the acceptability of sound levels. Some factors influencing sound transport are mentioned. Finally some predictions are given on sound levels which may be expected in and around the Lauwerszeepolder-area when shooting will be carried out, based on data from the Ministry of Defense on the future use of the area.

Disturbance is defined as an effect caused by any activity as a result of which a bird shows a behaviour which is different from its preferred behaviour at that moment. In most situations it is practically impossible to separate acoustical from visual disturbance. However, in this report this attempt had to be made and disturbance caused by visual stimuli has not been taken into account.

Breeding birds generally do not seem to be disturbed by sound alone. There are, however, situations in which birds have been seen departing their nests as a result of sound production, thereby running a higher risk of egg predation. During disturbances colony breeding birds tend to

show a higher degree of aggressive behaviour as compared to undisturbed situations.

Especially in tidal areas, roosting birds often concentrate in large flocks. In general large flocks tend to be more easily disturbed and therefore in theory large flocks are more vulnerable. Military shooting exercises in general cause relatively little disturbance among roosting birds, at least when they are not accompanied by other disturbing human activities, like hunting. When heard at first, however, shooting often causes reactions of fright and locally birds may disappear to more quiet areas. There is a tendency that by night reactions tend to be more intense. Military jets, helicopters and small civil aircrafts may cause large scale reactions of birds. Sound production may play a role in the development of those reactions.

Foraging birds solitary or in small flocks tend to be less easily disturbed. Fast flying military jets are often neglected, relatively slow flying aircrafts and helicopters often have a larger impact. Shooting may lead to fright or flight reactions, depending on sound production and local background sound levels.

Effects of disturbance are also determined by habitation (birds getting accustomed to frequently occurring sounds). In general habituation is obstructed when visual and acoustical stimuli are both present, especially when a real threat to the birds (for instance the risk of being shot) is present. It is enhanced by repetition and regularity (predictability). Several sources or simultaneously, cause much more disturbance than each stimulus alone would have done or when they would have occurred at regular intervals.

Disturbance may result in time loss for feeding and extra energy expenditure. In both cases the birds have to compensate by extra food intake. An area frequently disturbed may, as a final result, become unattractive to certain species, causing birds to move to other areas. In theory habitat loss, resulting from regular disturbance of birds from certain areas, as well as extra energy expenditure, may have negative consequences, not only for individual birds but also on a population level. Research has not yet gone far enough to be able to predict these possible consequences. A larger number of disturbances and other affects to the natural habitats will enhance the chances that small disturbances have greater negative consequences.

8. LITERATUUR

- Anonymus 1979. Defensie-activiteiten in het Waddengebied. Waddenbulletin 14 (2): 58-61.
- Altman, R.L. & R.D. Gano 1984. Least Terns nest alongside Harrier jet pad. J. Field Ornithol. 55: 108-109.
- Austin, O.L., W.B. Robertson, G.E. Woolfenden 1970. Mass hatching failure of Dry Tortugas Sooty Terns. In: K.H. Voous (ed.). Proc XVth Int.Orn.Congr., The Hague, 30 August-5 September 1970: 627.
- Bell, W.B. 1972. Animal response to sonic booms. J. Acoustical Soc. Amer. 51 (2): 758-765.
- Bergh, L. van den 1983. Ganzen en vliegtuigen. Vogeljaar 31: 152-155.
- Berry, K.H. 1980. A review of the effects of off-road vehicles on birds and other vertebrates. Gen. Techn. Rep. Intern. For. Range Exp. Stn INT 86, p. 451-467.
- Blok, A.A. 1964. Enkele gegevens over de militaire oefeningen en de verontrusting van de avifauna op Vlieland. RIN-rapport 283, Leersum.
- Bouterse, M.C.G. 1974. Invloed van lawaai op fauna; wintermaanden 1972-1973 LH Wageningen, afd. Natuurbeheer. ALH 72.52 Verslag Natuurbeheer no 144.
- Brehm, K. 1971. Seevogel-Schutzgebiet Hauke-Haien Koog. Tier und Umwelt 6/7: 1-52.
- Bremond, J.C. 1963. Acoustic behaviour of birds. In: R.G. Brussel (ed.). Acoustic behaviour of animals. Elsevier Publ. Comp., Amsterdam, London, New York.
- Burger, J. 1981. Behavioral responses of Herring Gulls Larus argentatus to aircraft noise. Environ.Pollut. (ser.A) Ecol. Biol. 24: 177-184.
- Burger J. 1983. Jet aircraft noise and bird strikes: why more birds are being hit. Environ. Pollut. (ser A) Ecol. Biol. 30: 143-152.
- Bury, R.B., R.A. Luckenbach & S.D. Bussack 1977. Effects of off-road vehicles on vertebrates in the California desert, USA. U.S. Fish Wildl. Serv. Wildl. Res. Rep. 8: 23 p.
- Buurma, L. 1977. Vliegtuigen...vogels...verstoring. Lepelaar 49: 5-7.
- Camberlein, G. & D. Flote 1978. Le Goéland argenté en Bretagne: nouvelles données biologiques, mesures de protection, contrôle démographique. SEPNEB. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie.

- Coördinatiecollege Waddengebied 1983. Mogelijkheden tot beperking van de hinder veroorzaakt door de militaire oefeningen in het Waddengebied. Tripartite werkgroep "Militaire Oefeningen Waddengebied", Leeuwarden: 50 p. + appendix.
- Counter, S.A. 1985. Brainstem evoked potentials and noise effects in seagulls. *Comp. Biochemistry & Physiol.* 81 A (4): 837-846.
- Dijkema, K.S., N. Dankers & W.J. Wolff 1985. Cumulatie van ecologische effecten in de Waddenzee. RIN-rapport 85/13. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel.
- Eerden, M.R. van & C.J. Smit 1979. Het effect van schietoefeningen in het Lauwersmeergebied op het gedrag van watervogels. RIN-rapport 79/3. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel.
- Ens, B.J. & J.D. Goss-Custard 1984. Interference among Oystercatchers, Haematopus ostralegus, feeding on Mussels, Mytilus edulis, on the Exe estuary. *J.Anim.Ecol.* 53: 217-231.
- Evans, P.R. 1976. Energy balance and optimal foraging strategies in shorebirds: some implications for their distributions and movements in the non-breeding season. *Ardea* 64: 117-139.
- Fletcher, J.L. & R.G. Busnel (eds.) 1978. Effects of noise on wildlife. Acad. Press, New York, San Francisco, London.
- Géroutet, P. 1967. L'évolution du stationnement des Anatidés dans une réserve de chasse sur le Rhône en aval de Genève. *Nos Oiseaux* 24: 141-143.
- Hübner, T. & D. Putzer 1985. Störungsökologische Untersuchungen rastender Kormorane an niederrheinischen Kieselseen bei Störungen durch Kiestransport, Segel-, Surf- und Angelsport. *Seevögel* 6: Sonderband: Festschrift Vauk: 122-126.
- Jungius, H. & U. Hirsch 1979. Herzfrequenzveränderungen bei Brutvögeln in Galapagos als Folge von Störungen durch Besucher. *J.Orn.* 120: 299-310.
- Koersveld, S. van, M. Suy & A. Kooij 1976. De invloed van de recreatie en andere verstoringsbronnen op de avifauna van het eiland Vlieland. Doctoraalverslag RU Utrecht, LH Wageningen afd. Natuurbehoud en -beheer. Verslag no 335.
- Kushlan, J.A. 1979. Effect of helicopter censuses on wading bird colonies *J.Wildlife Manage.* 43: 756-760.
- Lebret, T. 1975. Ganzen in paniek. *De Levende Natuur* 78: 161-164.

- Lee, J.M. & D.B. Griffith 1978. Transmission line audible noise and wildlife. In: J.M. Fletcher & R.G. Busnel (eds.). Effects of noise on wildlife. Acad. Press, New York, San Francisco, London, p. 105-168.
- Loosjes, M. 1974. Over terreingebruik, verstoringen en voedsel van Grauwe Ganzen Anser anser in een brak getijdengebied. Limosa 47: 121-143.
- Lynch, T.E. & D.W. Speake 1978. Eastern Wild Turkey behavioral response induced by sonic boom. In: J.L. Fletcher & R.G. Busnel (eds.). Effects of noise on wildlife. Acad. Press, New York, San Francisco, London, p. 47-61.
- Madsen, J. 1985. Impact of disturbance on field utilization of Pink-footed Geese in West-Jutland, Denmark. Biol.Cons. 33: 53-63.
- March, M.A. 1985. Les maniobres militars de Cabrera i el seu impacte. L'Ecologista, Circular Informativa de Grup Balear d'Ornitologia i Defensa de la Naturalesa. D.L.: PM-63/1985, No. 2-Tardor de 1985, p.7.
- Marler, P., M. Konishi, A. Lutjen & M.S. Waser 1973. Effects of continuous noise on avian hearing and vocal development. Proc. Nat. Acad. Sci. 70(5): 1393-1396.
- Martin, L.R. & P.C. Martin 1984. Research indicates propane cannons can move birds. Pest Control 52: 52.
- Meltofte, H. 1982. Jagtlig forstyrrelser af svømme - og vadefugle. Dansk Orn. Foren. Tidsskr. 76: 21-35.
- Meurers, H. 1975. Zur Beurteilung van Schiesslärm im Pegelbereich der Belästigung. Kampf dem Lärm 22: 157-160.
- Mourik, F. van, H. van Teijlingen & P. Vertegaal 1985. De natuur onder vuur. Milieueffekten van militaire activiteiten. Ekologie, Utrecht.
- Osieck, E.R. 1982. Verjaging van aalscholvers en blauwe reigers op de Viskwekerij Lelystad. Min. CRM, dir. Natuur- en Landschapsbehoud, SBB, Utrecht.
- Owens, N.W. 1977. Responses of wintering Brent Geese to human disturbance. Wildfowl 28: 5-14.
- Roos, G.T. de 1972. De invloed van de recreatie en andere verontrusting op de broed- en trekvogels in het Staatsnatuurreservaat "Kroon's polders" op het eiland Vlieland. Doctoraalverslag RU Groningen, LH Wageningen afd. Natuurbehoud en -beheer., ALH 72.05. Verslag no. 186.
- Roos, G.T. de 1981. The significance of the Isle of Vlieland, Dutch Wadden Sea, for breeding and wintering waders (Charadrii). In: J. Cooper (ed.). Proceedings of the Symposium on Birds of the Sea and Shore, 1979. Cape Town: African Seabird Group, p. 379-391.

- Roos, G.T. de 1983. Military training in the Wadden Sea area. In: M.F. Mörzer Bruyns & W.J. Wolff (eds.) Nature conservation, nature management and physical planning in the Wadden Sea area. A.A.Balkema, Rotterdam, p. 106-112.
- Rooth, J. 1981. Little Tern (*Sterna albifrons* Pallas). In: C.J.Smit & W.J. Wolff (eds.). Birds of the Wadden Sea. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 265-270.
- Rooth, J. & A. Timmerman 1965. Over de invloed van schieten op het gedrag van Lepelaars in de kolonie "Het Zwanenwater" in de duinen van Callantsoog. Vertrouwelijk rapp. RIVON, afd. Ornithologie.
- Rylander, R., S. Sörensen, B.O. Andrae, G. Chatelier, Y. Espmark, T. Larsson & R.I. Thrackray 1974. Sonic boom exposure effects - a field study on humans and animals. J. Sound & Vibr. 33(4): 471-486.
- Schilperoord, L. & M. Schilperoord-Huisman 1981. De invloed van verstoringen op gedrag en dagindeling van de kleine Rietgans (Anser brachyrhynchus) in Zuidwest-Friesland. Doctoraalverslag, RU Groningen/RIN Leersum.
- Shaw, E.A.G. 1978. Symposium on the effects of noise on wildlife. In: J.L. Fletcher & R.G. Busnel (eds.). Effects of noise on wildlife. Academic Press, New York, San Francisco, London, p. 1-5.
- Smit, C.J. & G.J.M. Visser 1984. Studies on the effects of military activities on the shore-birds in the Wadden Sea. CCMS Seminar on the Preservation of Flora and Fauna in Military Training Areas, 28, 29 and 30 November 1984. Ministry of Defence, Soesterberg, The Netherlands.
- Smoorenburg, G.F. 1979a. Geluidmetingen aan vuurwapens opgesteld in het Lauwersmeergebied ter bepaling van de geluidbelasting die van aldaar geprojecteerde oefenterreinen kan worden verwacht. Rapport Inst.v. Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Smoorenburg, G.F. 1979b. Beoordelingsmethode voor de hinder van schietgeluid. Nederlands Akoestisch Genootschap, 6 p.
- Swennen, C. 1976. Populatie-structuur en voedsel van de Eidereend Somateria mollissima mollissima in de Nederlandse Waddenzee. Ardea 64: 311-371.
- Swennen, C. 1981. Eider (Somateria mollissima L.) In: C.J. Smit & W.J. Wolff (eds.) Birds of the Wadden Sea. A.A. Balkema, Rotterdam, p. 78-84.

- Thissen, J.B.M. & J.H. Bruggeman 1982. Effecten van verjaging van Rotganzen uit de Terschellinger polder in het voorjaar van 1982. RIN-rapport 82/10. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- Thissen, J.B.M. 1983. Onderzoek naar de effecten van militaire oefeningen op bodem, vegetatie en fauna 12: De invloed van militair gebruik op de broedvogelstand van heideterreinen op de Veluwe. RIN-rapport 83/18. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- Thomas, G.J. 1972. A review of gull damage and management methods at nature reserves. Biol.Cons. 4: 117-127.
- Veen, J. 1973. De verstoring van weidevogelpopulaties. Stedebouw en Volkshuisvesting 54: 16-26.
- Visser, G.J.M. 1986. Verstoringen en reacties van overtuigende vogels op het westelijk deel van Terschelling. RIN-rapport, in druk. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel.
- Ward, P. & A. Zahavi 1973. The importance of certain assemblages of birds as "information centres" for food finding. Ibis 115: 517-534.
- Weinreich, J.A. 1981. Onderzoek naar de effecten van militaire oefeningen op bodem, vegetatie en fauna 4. Ingreepeffect-relaties tussen militaire oefeningen en het natuurlijk milieu. RIN-rapport 81/26. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- Wind, H. 1978. De invloed van wegen en boerderijen op de verspreiding van weidevogels. Vanellus 31: 72-76.
- Wolff, W.J. 1977. De ecologische effecten van militaire oefeningen in de Lauerszeepolder op het Waddengebied. RIN-rapport, Arnhem, Leersum.
- Zande, A.N. van der 1975. Beïnvloeding van weidevogels door wegen. Doctoraalverslag, RU Leiden/ RIN Leersum.
- Zegers, P.M. 1973. Invloed van verstoringen op het gedrag van wadvogels. Waddenbulletin 8 (3): 3-7.
- Zegers, P.M. 1975. Resultaten enquête 1974. Landelijke Ver. Beh. Waddenzee, Harlingen, stencil 5 p.
- Zwarts, L. 1972. Verstoring van Wadvogels. Waddenbulletin 7 (3): 7-12.
- Zwarts, L. 1981. Habitat selection and competition in wading birds. In: C.J. Smit & W.J. Wolff (eds.). Birds of the Wadden Sea. A.A. Balkema, p. 271-289.

Zwarts, L. & R.H. Drent 1981. Prey depletion and the regulation of predator density: Oystercatchers (*Haematopus ostralegus*) feeding on Mussels (*Mytilus edulis*). In: N.V. Jones & W.J. Wolff (eds.). Feeding and survival strategies of estuarine organisms. Plenum Press, New York, p. 193-216.