Särtryck ur
VÅR FÅGELVÄRLD
Årg. 23 1964 Nr 2

Beräkning av ejderns (*Somateria mollissima*) sträckhastighet

(Meddelande nr ~~43~~ 45 från Ottenby Fågelstation)

Av

OLOF RYDÉN & HANS KÄLLANDER

Summary: *Calculations of migratory flight speed with special reference to the Eider (Somateria mollissima) C Ottenby Bird station Report No. 43.)*

ELANDERS BOKTRYCKERI AKTIEBOLAG — GÖTEBORG 1964

Beräkning av ejderns (*Somateria mollissima*) sträckhastighet

(Meddelande nr 43 från Ottenby Fågelstation)

Av

OLOF RYDÉN & HANS KÄLLANDER

Inledning

Fåglarnas sträckhastighet och därmed förbundna problem är ett område som behandlats mycket knapphändigt i litteraturen. Enstaka observationer, som ofta av en tillfällighet gjorts från bilar, tåg och flygplan, finns redovisade i stor mängd, medan de organiserade och målinriktade undersökningar som genomförts är mycket få. Sammanfattningar av publicerade uppgifter har gjorts av COOKE (1933), JACK (1954) samt MEINERTZHAGEN (1921, 1955), som dessutom själv utfört mätningar på ett stort antal arter. De återgivna hastigheterna baserar sig emellertid på ett fåtal eller icke angivet antal mätningar, som dessutom utförts under mycket skiftande förhållanden, varför deras tillförlitlighet stundom kan betvivlas. Många mätningar har gjorts med stoppur eller stoppur plus teodolit, men någon mer preciserad metod har ej använts eller åtminstone ej redovisats. Det anges vidare sällan om de framlagda hastigheterna är färd- eller kurshastigheter (f ä r d h a s t i g h e t = hastighet i förhållande till jordytan utan hänsynstagande till vindens inverkan, eng. *ground speed;* k u r s h a s t i g h e t = hastighet i förhållande till den omgivande luftmassan, eng. *still-air speed*). Detta gör att de inte kan jämföras sinsemellan. Denna svaghet har även påpekats av de nyss nämnda författarna. ALLEN (1939) har visat hur hastigheterna principiellt kan beräknas grafiskt med hastighetstrianglar, en metod som även JACK (*op. cit.*) tar upp.

Under senare års radarstudier över fågelsträck har visserligen exakta beräkningar av fåglarnas (= ekonas) kurshastigheter kunnat utföras. Man har härvid emellertid mycket små möjligheter till artbestämning av de enskilda ekona, vilket tillsammans med svårigheterna att bestämma vindriktning och vindstyrka i just ekonas höjdläge begränsar värdet av denna metod (jfr dock HARPER 1958 och MASCHER *et al.* 1961).

I föreliggande undersökning har metoden med hastighetstrianglar begagnats, men beräkningarna utförts numeriskt, vilket gör metoden praktiskt användbar exempelvis vid den beräkning av statistiska säkerhetsgränser, som är önskvärd med tanke på de många felkällorna.

Metod

Föreliggande undersökning grundar sig på hastighetsmätningar av sjöfågelsträcket i Kalmarsund, utförda vid Revsudden på Skäggenäshalvön, cirka 20 km N Kalmar, den 15.4., 16.4., 18.4.—21.4. samt 23.4.1962.

Genom observationer från fastlandet och båt i Kalmarsund beräk-

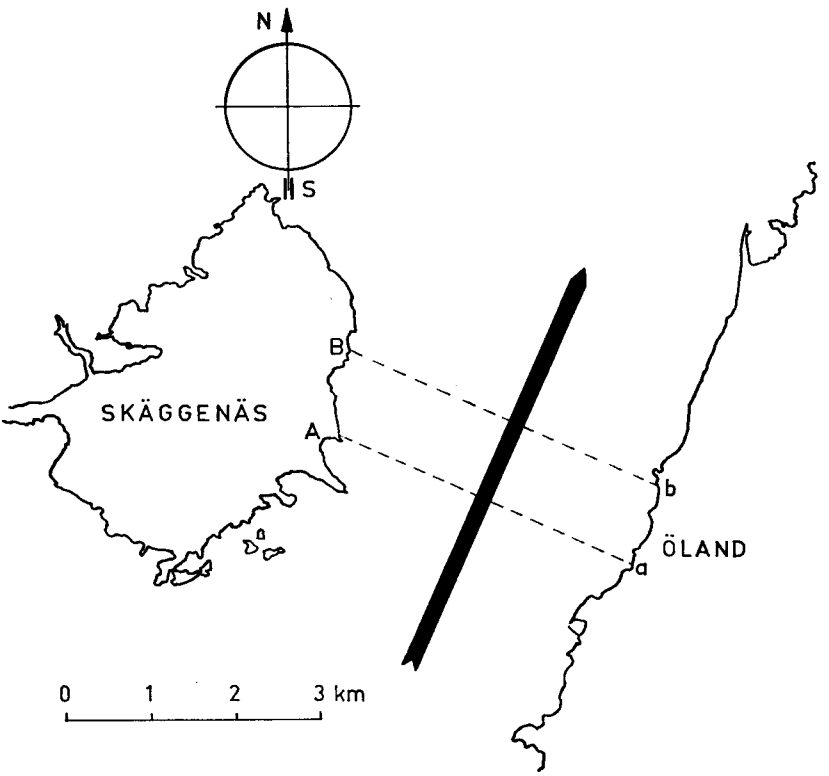

Fig. 1. Karta över observationsområdet i Kalmarsund. Den grova pilen markerar fåglarnas sträckriktning, A och B observationspunkterna, A—a och B—b parallella syftlinjer dragna i rät vinkel mot sträckriktningen. (*Map showing the observation area. The arrow denotes the direction of the migrating birds, A and B are the observation points; A—a and B—b are parallel lines of reference at right angles to the direction of migration*).

nades sträckets medelriktning till N 24° E. Vid vardera av två punkter på Skäggenäs, A och B (se fig. 1), insyftades en mot sträcket vinkelrät linje (S 66° E). I dennas riktning inplacerades på båda punkterna med hjälp av kompass två stolpar ca fem m från varandra. Dessa stolpar tjänade sedan som riktmärken för observatören. Förbindelse mellan observatörerna upprätthölls med fälttelefon. Observatören vid punkt B startade ett stoppur, då han via telefonen fick besked om exakt när en fågelflock passerade syftlinjen A—a och stannade stoppuret, då flocken passerade syftlinjen B—b (jfr. fig. 1).

Vindstyrkan uppmättes omkring var 15:e min med hjälp av en vindmätare av propellertyp (enl. dr ÖSTMAN). Vindriktningen bestämdes med vindflöjel och kompass.

Mätmaterialets behandling

Avståndet mellan punkterna A och B (1010 m) samt vinkeln A—B—b (78°) uppmättes på den ekonomiska fotokartan och fåglarnas flygsträcka (x) beräknades enligt följande (jfr fig. 2): $x = \sin 78° \cdot 1010$; $x = 988$.

Fåglarnas färdhastighet i km/tim uträknades sedan på vanligt sätt. För att få kurshastigheten, dvs. hastigheten vid vindstilla, skall färdhastigheten korrigeras med den vindstyrka som påverkar fåglarna. Detta sker enligt följande formel (jfr. fig. 3):

$$V_k^2 = V_f^2 + V_v^2 - 2\, V_f V_v \cdot \cos \alpha,$$

V_k = den sökta kurshastigheten i km/tim,
V_f = uppmätta färdhastigheten i km/tim,
V_v = uppmätta vindhastigheten i km/tim och
α = vinkeln mellan fåglarnas färdriktning och vindriktningen.

Medeltal, spridning och medelfel beräknades sedan med gängse statistiska metoder.

Felkällor

Flygriktning. Flygriktningen växlar påtagligt vid starka västliga och ostliga vindar, dvs. sidvindar, en svårighet som, så vitt vi kan förstå, ej kan bemästras på annat sätt än genom uteslutande av de flockar som håller en tydligt avvikande kurs och genom att om möjligt ange felgränser för de uppmätta hastigheterna. Varje avvikelse från den beräknade flygsträckan får (bortsett från vindpå-

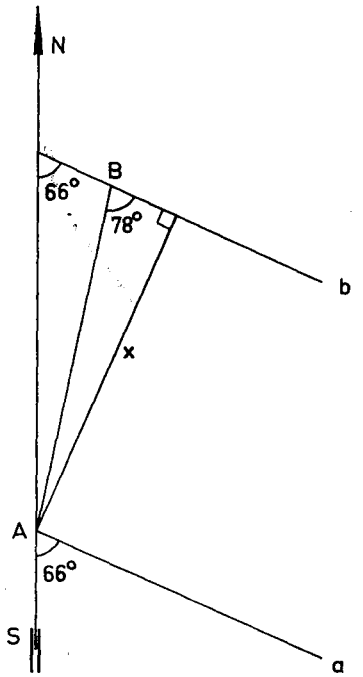

Fig. 2. Beräkning av ejderflockarnas flygsträcka (x) under tidtagningen. A och B utmärker observationspunkterna (jfr. fig. 1). Syftlinjerna A—a och B—b är lagda vinkelrätt mot sträckriktningen. Sträckan A—B = 1010 m. Vinkeln mellan A—B och B—b = 78°. Ekvationen $x = \sin 78° \cdot 1010$ ger $x = 988$ m. (*Computation of the distance (x) covered by migrating Somateria mollissima during ground speed measurements. A and B denote the observation points (cf. Fig. 1). A—a and B—b are parallel lines of reference at right angles to the flight direction. Distance A—B = 1010 m. The angle between A—B and B—b = 78°. The equation $x = \sin 78° \cdot 1010$ is solved, and $x = 988$ m*).

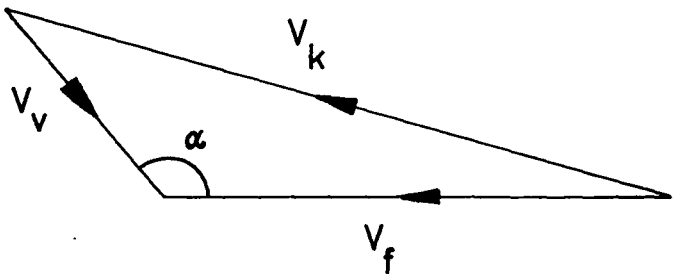

Fig. 3. Bestämning av sträckhastigheten med hjälp av hastighetstriangel. V_k = den sökta kurshastigheten (hastigheten i vindstilla). V_f = den uppmätta färdhastigheten. V_v = vindhastigheten. α = vinkeln mellan fåglarnas färdriktning och vindriktningen. Se f.ö. texten. (*Computation of still-air flight speeds with the aid of a triangle of velocity. V_k = still-air speed. V_f = ground speed. V_v = wind velocity. α = angle between the track of the birds and wind direction). A formula for mathematical computation of V_k is given in the text*).

verkan) till följd att för låg hastighet noteras. Felet är sålunda konstant. Vid vindstilla medför en avvikelse i flygriktningen på 10° ett fel på 1,5% av hastigheten, medan 15° ger 3,4% och 20° ger 6,4%.

Vindhastighet. Den begagnade vindmätaren är så konstruerad, att en propeller roterar under en minut, varefter vindstyrkan avläses. Det kan anmärkas, att en på så sätt uppmätt vindstyrka endast gäller för de flockar som passerar under denna minut, eftersom framförallt vid starka vindar vindhastigheten fluktuerar avsevärt med små intervaller. De vindkast, som orsakar vindhastighetens växlingar är dessutom ofta mycket lokala. Särskilt vid vissa vindriktningar måste man räkna med horisontella skillnader i vindhastigheten mellan stranden (där mätaren stod) och öppna sjön. Sålunda existerar en relevant vindstyrka strängt taget endast i den mån man kan följa varje enskild flock och i omedelbar närhet av denna registrera varje vindpåverkan. Felen torde dock i stor utsträckning utjämnas med många mätningar. Då mätarens felvisning har bestämts till omkring 10% har vi funnit det korrekt att vid databehandlingen avrunda de uppmätta vindstyrkorna till närmaste halva m/sek.

Beträffande vindstyrkans variation med höjden har det visat sig ytterligt svårt att på något tillförlitligt sätt beräkna denna, dels på grund av att fåglarnas exakta flyghöjd svårligen kan bestämmas, dels emedan det oss veterligt inte existerar någon beräkningsmetod, som tar hänsyn till alla de faktorer som spelar in, t.ex. turbulensen vid vattenytan och dess skiftande inverkan vid olika vågtyper. Vår vindmätare var placerad cirka 2 m ö.h. och flertalet av de flockar, vars hastighet vi mätte, passerade strax över vattenytan.

Vindriktning. Beträffande vindriktningen gäller i stort sett ovanstående resonemang. Också vindriktningen växlar ständigt inom ett avsevärt område. Vi har med största möjliga noggrannhet avläst ett medelvärde. Även i detta fall bör felet vara slumpmässigt.

Om felen tänkes adderade till varandra, vilket vid en enskild mätning förefaller plausibelt, så visar en matematisk analys av felkällornas inbördes betydelse, som utförts av teknolog Per Almgren, Lund, att den allvarligaste felkällan är bristfälligheter vid registrering av vindstyrkan, som svarar för ej mindre än omkring ¾ av det sammanlagda felet.

Av det sagda framgår, att en enskild mätning med den beskrivna metoden har ett begränsat värde. Då materialet till över 90% om-

fattar ejder (*Somateria mollissima*) har vi valt att vid den statistiska bearbetningen endast behandla denna art. De enstaka mätningar som gjordes på andra arter redovisas utan anspråk på representativitet.

Resultat

Medelkurshastigheten för ejder beräknades till 70,0 km/tim. N (antal mätningar) = 354; σ (standardavvikelse) = 5,2; σ_M (medelvärdets medelfel) = 0,3. Statistiskt sett ligger alltså 95% av de uppmätta hastigheterna mellan 60 och 80 km/tim. Det är emellertid omöjligt att avgöra hur stor del av denna spridning som beror på mätfel och hur stor del som beror på fluktuationer i ejdrarnas sträckhastighet. Det torde i varje fall vara realistiskt att anta att medelkurshastigheten för ejder vid de förhållanden, under vilka våra mätningar utfördes, ej skiljer sig nämnvärt från det medelvärde vi erhållit.

För att belysa skillnaderna mellan kurshastigheten och de vid högre vindstyrkor uppmätta färdhastigheterna kan som exempel nämnas att åtskilliga färdhastigheter omkring 110 km/tim noterades vid stark medvind, medan vid hård motvind så låga färdhastigheter som ca 35 km/tim förekom. Som kuriositet kan anges några färdhastigheter för lom (*Gavia* sp.) på över 120 km/tim (i medvind).

Ett mindre antal mätningar gjordes på åtskilliga andra arter. I tabell 1, redovisas resultaten från dessa. Alla hastigheter är kurshastigheter.

Tab 1. Kurshastigheten hos vissa arter. Antalet mätningar är dock ej tillräckligt stort för att värdena skall kunna anses representativa. (*Still-air speed of some species. The number of measurements are however too few so the values cannot claim to be representative.*)

Art (*species*)	Kurshastighet i km/tim (*Mean still-air speed, km/h*)	Antal mätningar (*Number of measurements*)
Gavia sp.	77,9 (σ=6,7; σ_M=0,9)	68
Ardea cinerea	42,9	2
Anas platyrhynchos	71,8	3
Bucephala clangula	71,2	4
Melanitta nigra	79,0	5
Mergus serrator	72,4	29
M. merganser	70,4	6
Numenius arquata	68,7	5
Haematopus ostralegus	62,3	6
Larus fuscus	50,0	2
L. argentatus	47,2	2
L. marinus	57,5	2
L. canus	47,9	2

Diskussion

Som lätt inses av det föregående ställer metoden speciella krav på sträckets karaktär. Någon större spridning i fråga om sträckriktningen kan inte tolereras, varför metoden bäst lämpar sig för mätning av sjöfågelssträck längs en rak kust eller sjöstrand, ehuru den med smärre ändringar torde kunna tillämpas på vissa lokaler för t.ex. småfåglar. En god sträckintensitet är självfallet också nödvändig för att metoden skall ge ett kvantitativt tillfredställande utbyte.

Följande förbättringar av metoden skulle avsevärt reducera felkällornas inverkan. Flygriktning och därmed flygsträcka kan med stor noggrannhet bestämmas för varje mätning genom att båda observatörerna är utrustade med vinkelinstrument, med vilka de för varje fågelflock mäter vinkeln A—B-inflygningspunkten på sträckan A—a, respektive vinkeln B—A-utflygningspunkten på sträckan B—b (se fig. 1). Härvid behöver fåglarnas exakta sträckriktning ej i förväg vara känd utan de parallella syftlinjerna kan skära denna under godtycklig vinkel. Med självskrivande instrument för kontinuerlig registrering av vindstyrka och vindriktning kan mätningarnas noggrannhet ytterligare väsentligt höjas.

Andra problem som vore av intresse att undersöka, förutom bestämning av fåglarnas sträckhastighet är, vilka faktorer utöver vindstyrka som påverkar denna hastighet. Vilken betydelse har andra meteorologiska förhållanden, såsom temperatur eller siktförhållanden? Påverkas sträckhastigheten indirekt av t.ex. årstid, flocktäthet och flyghöjd och om så är fallet, på vilket sätt?

LITTERATUR

ALLEN, F. H. 1939. Effect of wind on flight speeds. — Auk 56: 291—303.
COOKE, M. T. 1933. Speed of bird flight. — Auk 50: 309—316.
HARPER, W. G. 1958. Detection of bird migration by centimetric radar — a cause of radar "angles". — Proc. Roy. Soc. B 149: 484—502.
JACK, A. 1954. Hur fåglarna flyger. Stockholm.
MASCHER, J. W., STOLT, B.-O. & WALLIN, L. 1962. Migration in spring recorded by radar and field observations in Sweden. — Ibis 104: 205—215.
MEINERTZHAGEN, R. 1921. Some preliminary remarks on the velocity of migratory flight among birds, with special reference to the palaearctic region. — Ibis Ser. 11, vol. 3: 228—238.
MEINERTZHAGEN, R. 1955. Speed and altitude of bird flight. — Ibis 97: 81—117.

Summary: **Calculations of migratory flight speed with special reference to the Eider (*Somateria mollissima*) (Ottenby Bird station Report No. 43.)**

— The weaknesses in many earlier attempts to calculate the flight speed of birds are pointed out. Thus the influence of wind on speed and direction of flight has not always been taken into adequate consideration. In the present investigation a method of eliminating part of the errors caused by wind speed and direction (as described by ALLEN 1939) is applied to a material of flight records, which has been subjected to statistical treatment.

The recordings were made on the Skäggenäs peninsula (56° 46′ N, 16° 30′ E) in the Kalmar Sound during the spring migration 1962. Two observers at observation points A and B (Fig. 1) co-operated by means of a field-telephone equipment. The birds (mainly *S. mollissima* and other ducks) were timed when crossing two parallel lines of reference (A—a, B—b, Figs. 1 and 2) aimed at right angles to the birds' mean flight direction. Wind direction and velocity were registered continuously.

The still-air speeds were computed from the birds' ground speed and the wind velocity, using the formula on p. 153.

Main sources of error are, *a*) deviations from the estimated direction of flight resulting in too low ground speed values and *b*) variations in the speed and direction of the wind during the course of the observations (the recorded values are means). The error from wind variations is largely unbiased and therefore disappears with a large number of measurements. The error from course deviations, on the other hand, is systematic, because it will always give too low speeds. Thus, a deviation by 10° from the estimated direction of flight will cause an error of 1.5% of the computed speed (disregarding the somewhat changed influence of the wind). Therefore all birds flying in obviously deviating directions must be excluded from the calculations. Clearly this difficulty could have been overcome by assessing, with the aid of a range-finder, the exact distance at which each flock crossed each of the lines of reference. However, we had no such instrument at our disposal.

The mean still-air speed of the migrating *Somateria mollissima* under these conditions was 70.0 km/h ($N=354$; $\sigma=5.2$; $\sigma_M=0.3$). The speeds of 13 other species were calculated in the same manner and are presented in Table 1. However, as the measurements available are too few these latter values cannot claim to be representative.

Obviously, this method for estimating the flight speeds of migrating birds has certain limitations. In particular a fairly intense unidirectional migration is desirable to secure quantitatively satisfying results.

Manuskriptet inlämnat den 5.2.1963. Förff:s adresser: (O. R.) Måsvägen 7 C, Lund; (H. K.) Måsvägen 5 B, Lund.