ACTUALISATIE

MER Lelystad Airport

Herstel invoergegevens, verwerken actuele inzichten en voorschriften, effecten aansluitroutes

Bijlage 16 Rapport vliegveiligheid ten gevolge van aanvaringen met vogels

Vormt vogeltrek een risico voor het luchtverkeer van en naar Lelystad Airport?

R. Lensink

Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap

Vormt vogeltrek een risico voor het luchtverkeer van en naar Lelystad Airport ?

drs. ing. R. Lensink

Status uitgave: eindrapport

Rapportnummer:	18-024
Projectnummer:	17-0892
Datum uitgave:	9 februari 2018
Foto's omslag:	Bureau Waardenburg bv
Projectleider:	drs. ing. R. Lensink
Naam en adres opdrachtgever:	Ministerie van I&W Postbus 20901, Den Haag
Referentie opdrachtgever:	e-mail, F. Paes, 10 januari 2018
Akkoord voor uitgave:	drs. C. Heunks,
Paraaf:	

Graag citeren als: Lensink R. 2018. Vormt vogeltrek een risico voor het luchtverkeer van en naar Lelystad Airport. Rapport 18-024. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Trefwoorden: Vogeltrek, luchtverkeer, vliegveiligheid, aanvaringskans

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv. Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Ministerie van I&W
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001: 2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.

Bureau Waardenburg bv
Onderzoek en advies voor ecologie en landschap

Postbus 365 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345 51 27 10
info@buwa.nl www.buwa.nl

Voorwoord

Luchtverkeer van en naar Vliegveld Lelystad vliegt na de start en voor de landing geruime tijd op relatief lage hoogtes van 2 tot 3 km. Dit is noodzakelijk om interferentie van luchtverkeer van en naar Schiphol te voorkomen. In dit verband zijn vragen gesteld over eventuele risico's voor het luchtverkeer als gevolg van vogeltrek in genoemde hoogteband. Het ministerie van I&W heeft Bureau Waardenburg verzocht inzicht te geven in vogeltrek in genoemde hoogteband en risico's voor luchtverkeer, mede in vergelijking tot luchtverkeer dat sneller (= normaal) daalt of stijgt zoals dit gewoon is op andere Nederlandse vliegvelden.

De uitvoering van dit project lag in hanen van:

R. Lensink	analyse en rapportage
J. de Jong	dataverwerking
R. van der Vliet	collegiale toets

Om de opdracht te kunnen uitvoeren hebben wij gebruik gemaakt van gegevens die in 2012-2017 door de weer-radar van het KNMI omtrent de omvang van de vogeltrek zijn vastgelegd. Deze data worden door de Koninklijke Luchtmacht (KLu) gebruikt en beheerd ten behoeve van de veiligheid van het militaire luchtverkeer. Voor deze opdracht is vanuit de ruwe radardata een dataset gegenereerd die geschikt was voor verdere analyse. Wij zijn de KLu en het KNMI erkentelijk voor het beschikbaar maken en stellen van de gegevens.

Deze opdracht is begeleid door het Ministerie van I&W bij monde van F. Paes, S. Jager en K. Noordeloos; wij danken hen voor hun bijdragen. Ook danken wij H. van Gasteren (KLu) voor het genereren van een bruikbare dataset, de toelichting op de gegevens en de discussie over de resultaten van deze studie.

Inhoud

Voorwoord 3
Samenvatting 7
1 Inleiding 9
2 Materiaal en methoden 11
2.1 Vogels & radar 11
2.2 Luchtverkeer 15
3 Resultaten 17
3.1 Hoogte in de loop van het jaar 17
3.2 Verdeling over het jaar 20
3.3 Verdeling over het etmaal 20
4 Discussie 23
4.1 Gegevens 23
4.2 Soortensamenstelling 23
4.3 Breed-front-trek 24
4.4 Lokale vogels en trekkende vogels 25
4.5 Dichtheden en veiligheid van het luchtverkeer 26
5 Conclusie 29
6 Literatuur 31

Samenvatting

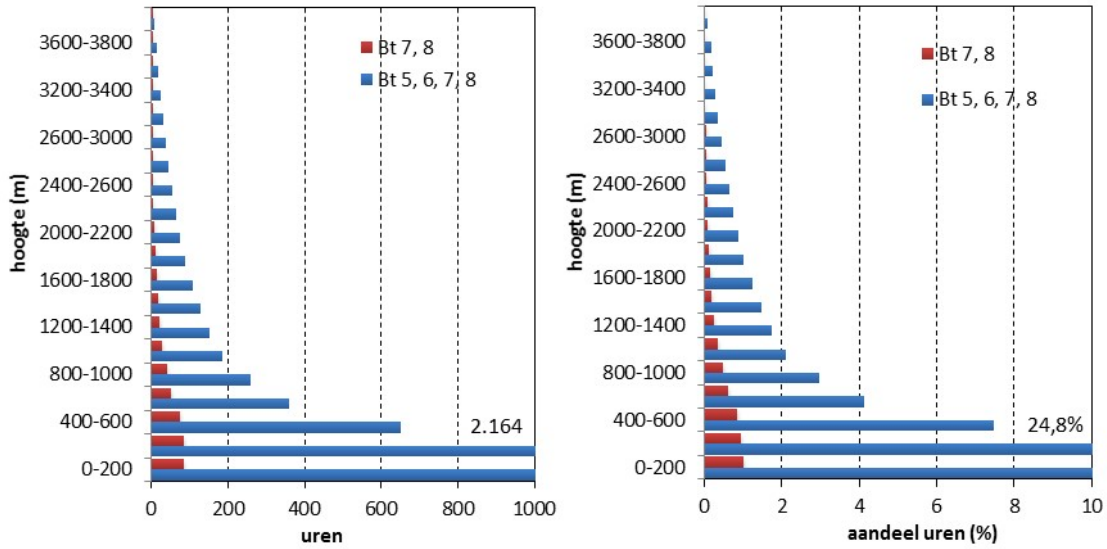
Het vliegverkeer van en naar Lelystad Airport verblijft tijdens de start relatief lang op hoogtes tussen 1.800 m en 3.200 m. Dit is noodzakelijk om onder het luchtruim te blijven dat gereserveerd is voor verkeer van en naar Schiphol. Luchtverkeer van en naar andere vliegvelden wint sneller hoogte en verblijft zo gedurende kortere tijd op hoogtes tussen 1.800 en 3.200 m. Landend verkeer vliegt ook geruime tijd op geringe hoogte; hierin wijkt het verkeer voor Lelystad Airport niet af van het verkeer voor andere vliegvelden waaronder Schiphol.

Tussen 1.800 en 3.200 m kunnen in voor- en najaar trekkende vogels passeren, en in mindere mate ook in de zomer en winter. Deze vogels kunnen een risico vormen voor het luchtverkeer op deze hoogte; meer dan voor luchtverkeer van en naar vliegvelden met reguliere start- en landingsprocedures.

Om het eventuele risico te duiden is gebruik gemaakt van een dataset die verzameld is door de weerradar van het KNMI te De Bilt, en beschikbaar gesteld via de Koninklijke Luchtmacht. In deze dataset is het aantal vogels per 5 minuten-periode per hoogteklasse van 200 m tot een hoogte van 4.000 m gegeven. In het binnenland van Nederland is sprake van breed-front-trek waarmee gegevens van De Bilt, representatief mogen worden geacht voor in ieder geval het relevante gebied boven Drenthe, Utrecht, Overijssel en Gelderland.

De vastgestelde dichtheden per hoogteklasse zijn vertaald naar de classificatie die de Koninklijke Luchtmacht hanteert in haar waarschuwingssysteem (BIRD notice To AirMan of BIRDTAM). Hierbij worden voor een dichtheid van 10-40 ex/km^3 waarschuwingen afgegeven (Birdtam 5 en 6) en voor dichtheden boven 40 ex/km^3 restricties (Birdtam 7 en 8). Dichtheden van 40 ex/km^3 en hoger komen weinig voor op de hoogte tussen 1.800 en 3.200 m; en dan vooral in voor- en najaar en voor een deel in de nacht (figuur 1). Het zijn zangvogels die de nachtelijke trekstroom domineren. Deze vogels trekken in de nacht doorgaans als eenling, op ruime afstand van andere trekkers en soortgenoten.

Waarschuwingen en restricties voor militair luchtverkeer worden vooral voor de onderste luchtlagen afgegeven; waarschuwingen tot een hoogte van 1.800 m gelden gemiddeld 109 uur per jaar en restricties 13 uur per jaar (figuur 0.1). Tot een hoogte van 3.200 m is dit achtereenvolgens 31,1 uur en 2,6 uur. In genoemde tijdsspannen valt Birdtam 5, 6 voor 25% in de gesloten tijd van het vliegveld (nacht) en Birdtam 7, 8 voor 21%. Op grond van het voorgaande is geen sprake van een duidelijk verhoogd risico voor het luchtverkeer van en naar Lelystad op hoogtes tussen 1.800 m en 3.200 m. Hierbij geldt ook dat vliegtuigen en motoren zoals die voor de burgerluchtvaart worden gebruikt minder kwetsbaar zijn voor aanvaringen dan een deel van de toestellen in het militaire verkeer.



Figuur 0.1 *Links: cumulatieve verdeling van de Birdtam 5, 6, 7 en 8 (>10 ex/km^3) en Bt 7 en 8 (>40 ex/km^3) over de kolom van 0-4.000 m hoogte; per jaar reiken waarschuwingen èn restricties gedurende 2.164 uur tot 400 m hoogte, per jaar gedurende 109 uur tot 1.800 m hoogte, alleen restricties gedurende 83 uur per jaar tot 400 m hoogte en gedurende 13 uur per jaar tot 1.800 m. Rechts: verdeling als links uitgedrukt als aandeel van de totale tijd in een gemeten jaar (8.724 uur). Birdtam 5, 6, 7, 8 in 200-400 m hoogte ingekort; werkelijke waarde vermeld in figuur.*

1 Inleiding

Enkele kilometers ten zuiden van Lelystad (Flevoland) ligt Lelystad Airport. Deze luchthaven is van oorsprong ingericht voor met name klein vliegverkeer. De groei van het luchtverkeer op Schiphol is gelimiteerd. Om de verdere toename in het luchtverkeer in Nederland op te vangen is door de rijksoverheid besloten op Eindhoven en Lelystad extra capaciteit te realiseren. Dit impliceerde voor Lelystad Airport onder andere een verlenging van de start- en landingsbaan en de bouw van een nieuwe terminal. De milieueffecten van dit voornemen zijn beschreven in een MER (Adecs Airinfra & To70 2014). In dit MER is ook aandacht besteed aan de veiligheid van het luchtverkeer in relatie tot vliegbewegingen van vogels in en rond Flevoland (Smits & Lensink 2014).

In najaar 2017 zijn door verschillende partijen vragen gesteld bij de resultaten van het MER. Naar aanleiding hiervan wordt het MER uit 2014 aangevuld. Onderhavige studie vormt een aanvulling op de reeds bestaande kennis over vogels en vliegveiligheid Lelystad Airport (Smits & Lensink 2014)

Probleemstelling
Een aanzienlijk deel van het luchtruim boven Midden-Nederland is gereserveerd voor de afhandeling van het luchtverkeer van en naar Schiphol (TMA Schiphol). Verkeer van en naar andere vliegvelden blijft buiten de TMA Schiphol. Lelystad Airport ligt op ruim 30 km van Schiphol. Boven Flevoland ligt de ondergrens van de TMA Schiphol op 2.500 ft. Luchtverkeer van en naar Lelystad Airport kent boven de Zuidelijk Flevoland een maximale hoogte van 2000 ft. Op grotere afstand van het vliegveld, boven Oost- en Midden-Nederland, ligt de ondergrens van de TMA Schiphol hoger. Desondanks blijft het startende verkeer van Lelystad Airport hier relatief laag vliegen. In een luchtruim zonder beperkingen zouden vliegtuigen sneller naar 6.000 ft klimmen. Voor het landen op Lelystad Airport wordt over geruime afstand relatief laag gevlogen; hierin verschilt Lelystad Airport niet van andere luchthavens waaronder Schiphol.

In het najaar verwisselen miljoenen vogels hun broedgebieden in Noord-Europa voor hun winterkwartier in West- en Zuid-Europa alsook Afrika. In het voorjaar wordt de reis in kleiner aantal in omgekeerde richting gemaakt. Deze grootschalige verplaatsingen kunnen zich onder gunstige omstandigheden tot op enkele kilometers hoogte uitstrekken. In Nederland liggen belangrijke pleisterplaatsen die buiten het broedseizoen door grote aantallen vogels (met name watervogels) worden gebruikt.

Het luchtverkeer van en naar Lelystad Airport vliegt door de beperkingen in het gebruik van het luchtruim relatief lang op hoogtes lager dan 9.000 ft. Tot aan (dalen) en vanaf (stijgen) deze hoogte gelden voor het luchtverkeer van en naar Lelystad geen restrictie en stijgen en dalen zij met eenzelfde snelheid als het luchtverkeer voor andere vliegvelden. Vogeltrek kan zich in voor- en najaar tot op enkele kilometers hoogte afspelen. De vraag is of het luchtverkeer van en naar Lelystad Airport door het relatief lang verblijf op een hoogte beneden 9.000 ft ook een grotere kans kent op een

aanvaring met een vogel en of deze kans ook werkelijk een groter risico op een calamiteit impliceert.

Doelstelling

Dit rapport geeft inzicht in de intensiteit van vliegende vogels (vogeltrek) in relevante hoogtebanden in de loop van het jaar en daarbinnen in de loop van de dag. Daarbij wordt nagegaan in hoeverre de intensiteit van deze bewegingen kritische waarden overschrijdt zoals die voor de veiligheid van het militaire luchtverkeer gelden.

2 Materiaal en methoden

2.1 Vogels & radar

Achtergrond
Met behulp van een radar kunnen bewegingen van objecten in het luchtruim worden geregistreerd. In eerste instantie is deze techniek ontwikkeld voor het waarnemen van (vijandelijke) vliegtuigen. In de jaren vijftig van de vorige eeuw zijn de eerste studies verschenen waarin bewegingen van vogels met behulp van radar zijn beschreven en geanalyseerd (Lack 1963a, 1963b, Eastwood 1967). In de decennia nadien zijn met behulp van radar verschillende vragen omtrent het verloop van de trek in ruimte en tijd beantwoord (Bruderer 1996, Alerstam 1979, Buurma 1987).

In de begintijd werden gegevens onttrokken aan militaire gevechtsleidingradars zoals die door de militaire luchtvaart worden gebruikt. Door de voortschrijdende techniek worden tegenwoordig allerlei radarsystemen gebruikt om bewegingen van vogels te registreren. In de jaren negentig van de vorige eeuw is een techniek ontwikkeld om de registratie van vogelbewegingen door radars te benutten voor het bewaken van de veiligheid van het militaire luchtverkeer, vooral de veiligheid van het verkeer op lagere hoogte (oefeningen). Op basis hiervan worden waarschuwingen afgegeven voor bepaalde hoogteklassen en zo nodig ook verboden.

Na de eeuwwisseling zijn technieken ontwikkeld om uit de weerradars zoals die door de verschillende meteorologische diensten worden gebruikt, gegevens over bewegingen van vogels te onttrekken (Van Gasteren *et al.* 2008, Holleman *et al.* 2008, Dokter *et al*. 2010). Deze techniek is door de KLu en BAF (Belgian Airforce) inmiddels gevalideerd (Dokter *et al*. 2010) en wordt door de KLu en BAF dagelijks gebruikt om de veiligheid van het militaire luchtverkeer te borgen (www.flysafe-birdam.eu, migration -> altitude profiles). Een van de radars in dit meetnet is de radar van het KNMI te De Bilt. Deze radar ligt op ongeveer 30 km van vliegveld Lelystad en geeft een representatief beeld van de bewegingen van vogels over het binnenland van Nederland. Deze gegevens zijn daarmee illustratief voor de breed-front-trek zoals die over Nederland gaat (cf. Lensink *et al*. 2002).

Kritische waarden in de veiligheid van het luchtverkeer
Het aantal vogels zoals dat zich op zeker moment in de verschillende luchtlagen bevindt en verplaatst wordt geregistreerd door radars die op de grond zijn geplaatst. Voor gebruik is een algoritme ontwikkeld dat dichtheid, richting en snelheid van de vogel(echo's) per hoogteband van 200 m bepaalt. Op basis hiervan kan voor iedere hoogte-laag de dichtheid aan vliegende vogels worden bepaald. Deze dichtheid vormt de basis voor het waarschuwingssysteem dat de veiligheid van het militaire luchtverkeer borgt. Dit systeem gaat uit van de volgende indeling (tabel 2.1).

Bij een dichtheid van 10-40 ex/km^3 (Birdtam 5 en 6) worden aan het vliegverkeer waarschuwingen afgegeven tot een bepaalde hoogte. Bij een dichtheid aan vogels

van meer dan 40 ex/km^3 gelden restricties; langdurig verblijf tot nader aan te geven hoogte is dan verboden. Het is het luchtverkeer dan alleen toegestaan te landen en te stijgen; waardoor het verblijf op een bepaalde hoogte beperkt is. Bij dichtheden van 10 ex/km^3 of minder (Birdtam <5) gelden geen waarschuwingen of restricties. Waarschuwingen en restricties worden altijd afgegeven tot de hoogste hoogteband waarin een grenswaarde wordt overschreden; ook als in een lagere hoogteband greswaarden niet worden overschreden..

In het waarschuwingssysteem wordt de hoogteband 0-200 m niet meegewogen. Voor deze laag gelden de waarschuwingen en restricties zoals die voor de laag 200-400 m of hoger worden bepaald. In deze rapportage is de dichtheid in de hoogteklasse 0-200 m niet meegenomen; en is deze zonodig gelijk gesteld aan die hoogteklasse 200-400 m.

Tabel 2.1 *Indeling in de dichtheid van vliegende vogels in de hoogte 0-4.000 m.. Dichtheden worden bepaald per 200 m hoogteband. Birdtam staat voor: BIRD notice To AirMen.*

term	dichtheid (ex/km^3)
Birdtam 4	<10
Birdtam 5	10-20
Birdtam 6	20-40
Birdtam 7	40-80
Birdtam 8	>80

Gegevens van weerradar De Bilt

Voor deze opdracht zijn gegevens van weerradar De Bilt gebruikt en wel data van 29 april 2012 tot en met 17 januari 2017. In deze periode zijn in totaal ruim 489.000 perioden van 5 minuten met de radar bemonsterd (tabel 2.2). Een maand van 30 dagen die volledig is bemonsterd, telt 8.640 perioden van 5 minuten.

Tabel 2.2 *Overzicht van beschikbare gegevens (29 april 2012-17 januari 2017; gegevens Klu/KNMI), in absoluut aantal uren (boven) en als aandeel van het totaal aantal uren in een maand (onder). Afgeleid van het aantal perioden van 5 minuten per maand per jaar met gegevens.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	totaal
2012				434	8.376	8.036	8.919	8.926	8.631	8.557	8.118	8.855	68.852
2013	8.912	7.701	8.842	8.631	8.813	8.520	8.843	8.895	8.637	8.180	8.374	8.625	102.973
2014	8.832	8.062	8.922	8.540	8.841	8.083	8.886	8.917	8.522	8.860	8.635	8.928	104.028
2015	8.887	7.940	8.910	8.472	8.927	8.638	8.926	8.773	8.459	8.927	8.635	8.925	104.419
2016	8.156	8.348	8.927	8.640	8.913	8.551	8.923	8.201	8.485	8.660	8.610	8.836	103.250
2017	5.543								.				5.543
totaal	40.330	32.051	35.601	34.717	43.870	41.828	44.497	43.712	42.734	43.184	42.372	44.169	489.065
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	totaal
2012				5%	94%	93%	100%	100%	100%	96%	94%	99%	65%
2013	100%	95%	99%	100%	99%	99%	99%	100%	100%	92%	97%	97%	98%
2014	99%	100%	100%	99%	99%	94%	100%	100%	99%	99%	100%	100%	99%
2015	100%	98%	100%	98%	100%	100%	100%	98%	98%	100%	100%	100%	99%
2016	91%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	92%	98%	97%	100%	99%	98%
2017	62%												5%

Uit de radarbeelden is voor iedere periode van 5 minuten per hoogteband van 200 m de dichtheid aan vogels bepaald (# ex/km^3). In het bestand zijn gegevens van 0-4.000 m opgenomen. Perioden met neerslag (regen, sneeuw) hebben een dichtheid van 0 ex/km^3. Voor de genoemde jaren zijn in totaal 4.120.343 combinaties hoogte & dichtheid per vijf minuten beschikbaar, met een dichtheid >0 ex/km^3 (tabel 2.3).

Tabel 2.3 Overzicht van het aantal combinaties hoogte & dichtheid per 5 minuten met een waarde >0 (gegevens Klu/KNMI); inclusief 0-200 m.

jaar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2012				6.180	87.309	82.638	104.709	108.122	102.272	92.164	65.545	75.429
2013	52.223	52.068	55.483	77.491	75.213	86.089	101.174	106.493	96.854	81.432	76.136	53.927
2014	63.241	63.881	84.531	85.633	76.421	77.135	77.074	94.525	88.816	86.353	57.895	57.291
2015	35.516	41.964	61.997	62.846	58.297	59.414	59.059	48.337	63.763	64.752	56.801	38.968
2016	51.461	51.675	69.209	84.744	84.677	70.800	100.679	91.740	91.309	92.535	59.426	39.828
2017	28.799											

Het aantal combinaties per maand met een dichtheid >0 ex/km^3 wordt mede bepaald door de duur van de neerslag in een maand; maanden met langdurig neerslag leveren vaker een dichtheid van 0 ex/km^3 dan maanden met kort durende neerslag (figuur 2.1). Langdurige neerslag komt vooral in de wintermaanden voor; in de zomer is de neerslag meer van korte duur, maar kan de hoeveelheid desondanks groot zijn. Er is geen verband gevonden tussen het aantal combinaties hoogte & dichtheid per vijf minuten (>0 ex/km^3) met de hoeveelheid neerslag.

Neerslag is veelal gekoppeld aan slecht weer (regen, wind). Dergelijk weer wordt bij voorkeur door trekkende vogels gemeden (Elkins 1983, Richardson 1978, 1990). Indien het landschap het toelaat, zullen trekkende vogels bij nadering van slecht weer hun trekvlucht onderbreken in veiligheid op de grond zoeken. Lokale verplaatsingen (bijvoorbeeld van foerageergebied naar slaapplaats) vinden onder vrijwel alle weeromstandigheden doorgang. De 5-minuten-perioden die vanwege neerslag in de database de waarde 0 ex/km^3 hebben gekregen, zullen derhalve nauwelijks trekkende vogels hebben 'bevat'.

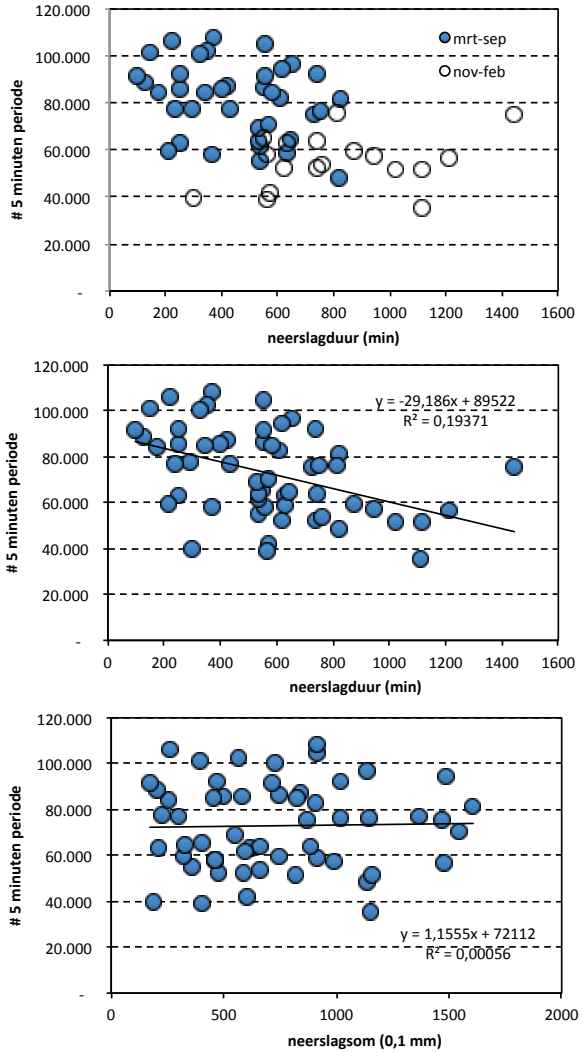
Bewerking van gegevens

De gemeten informatie over vogels betreft de dichtheid van vliegende vogels in hoogteklassen (# ex/km^3). De gemeten dichtheid is vervolgens omgezet in de klasse-waarden van het Birdtam-waarschuwingssysteem (<5, 5, 6, 7 en 8), waarbij de waarden 5, 6, 7 en 8 relevant zijn voor de veiligheid van het luchtverkeer; bij een dichtheid van <10 ex/km3 (Birdtam <5) gelden geen waarschuwingen of restricties.

Uit hoofde van de vraagstelling is het relevant om te weten wanneer en waar de dichtheden van vogels de klasse-waarden 5, 6, 7 of 8 bereikt. Hiertoe is het optreden van een klasse-waarde (frequentie-verdeling) bepaald, en wel:

- in de verschillende hoogteklassen alsook in hoeverre dit in de loop van een jaar aan verandering onderhevig is.
- in de loop van het jaar;

- in de loop van de dag, alsook in hoeverre dit in de loop van een jaar aan verandering onderhevig is.



Figuur 2.1 *Verband tussen de neerslagduur en de neerslagsom in een maand en het aantal combinaties hoogte & dichtheid per 5 minuten per maand (gegevens Klu/KNMI). (Duur (boven, midden) n = 56, df = 54, r = 0,44, p<0,01, Som (onder) n = 56, df = 54, r = 0,02, n.s.).*

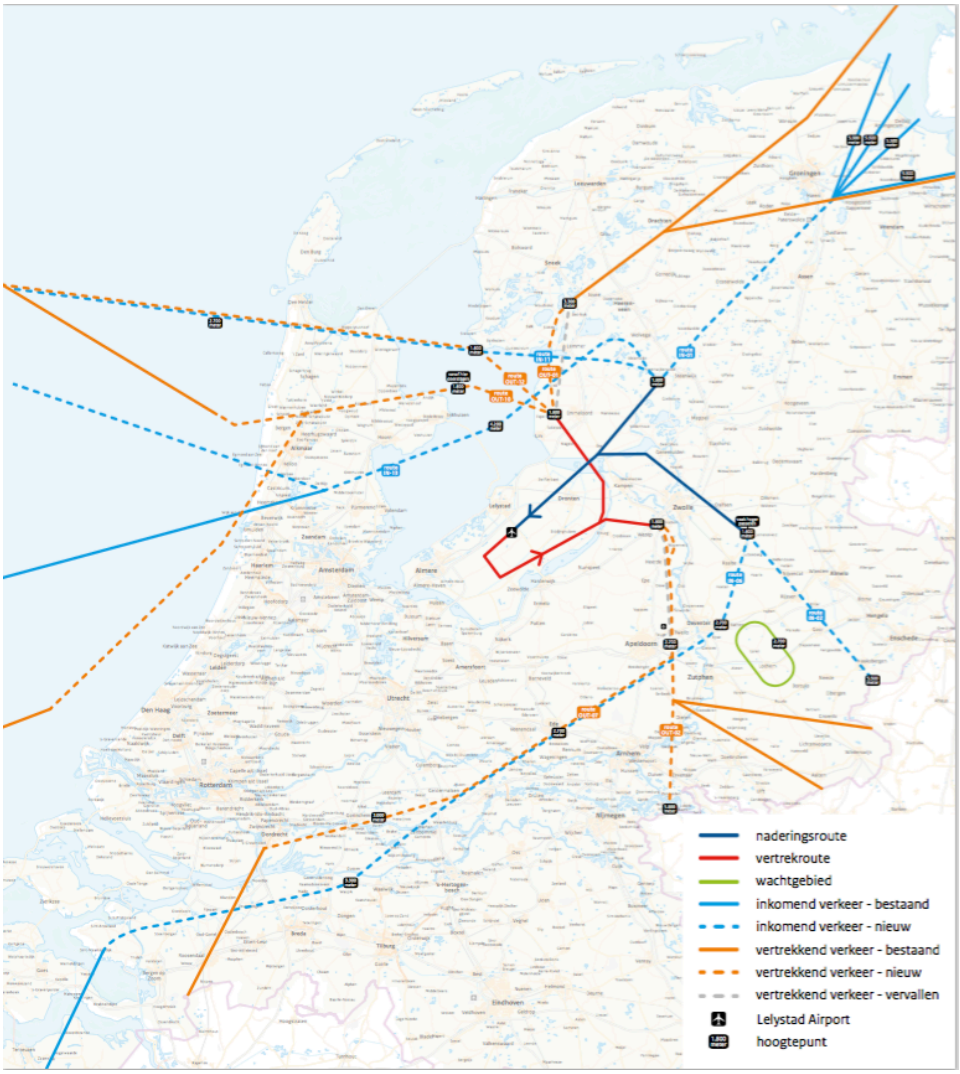
In alle bewerkingen voor dit rapport is de hoogteklassen 0-200 m weggelaten. In deze onderste luchtlaag bestaan de bewegingen van vogels uit zowel lokale vogels als trekkende vogels (seizoenstrek) terwijl in de lagen daarboven vooral uit trekkende vogels bestaan; en soms ook uit lokale vogels. Daarnaast verblijven vliegtuigen nimmer langdurig op deze hoogte.

De tijdsaanduiding is in UTC. Dit is het compromis tussen het Franse "TUC" (Temps universel coördonné) en het Engelse "CUT" (Coördinated Universal Time. Het komt overeen met wintertijd – 1 uur en zomertijd – 2 uur in vergelijking tot de tijd in Nederland.

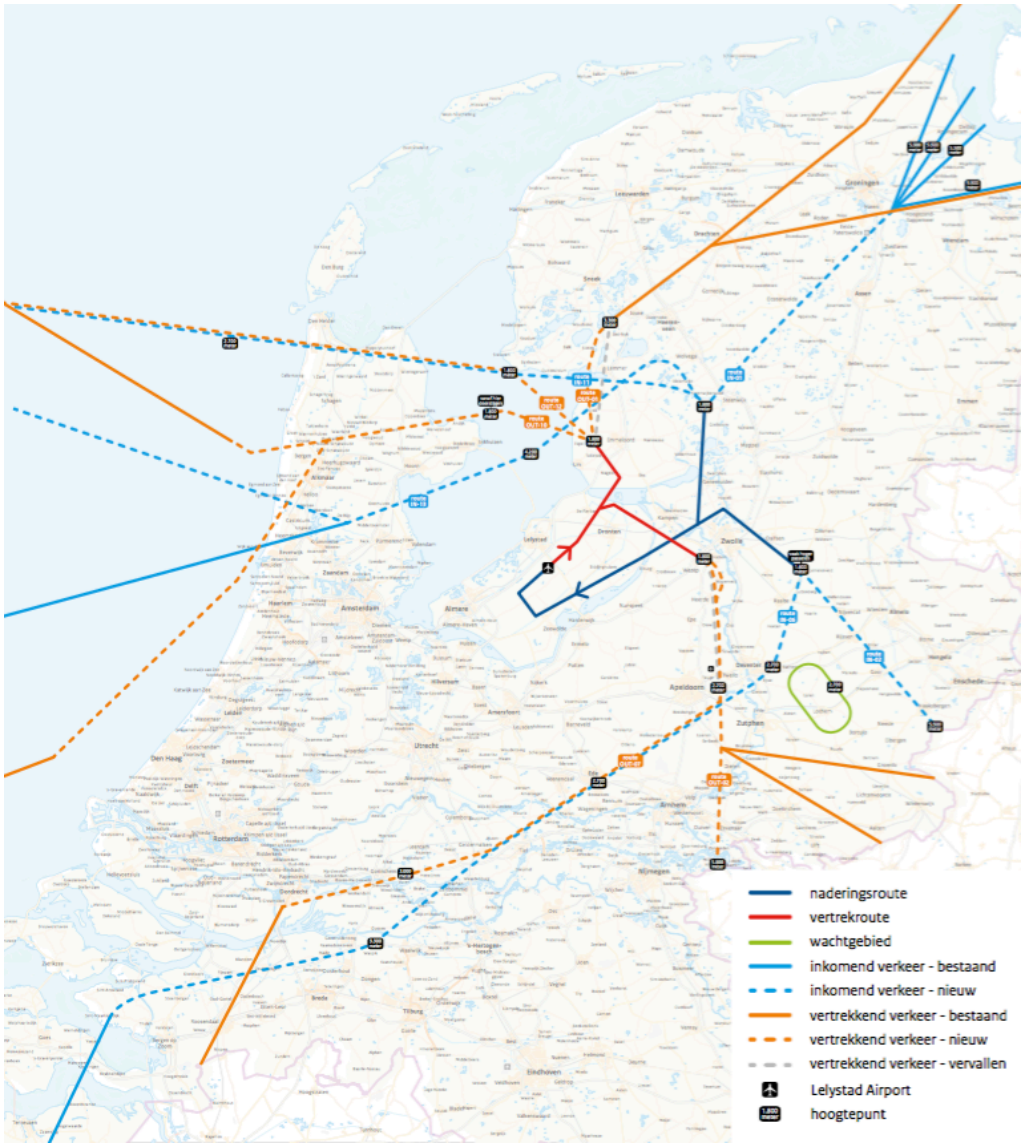
2.2 Luchtverkeer

Voor het inkomende en uitgaande luchtverkeer van en naar Lelystad Airport geldt een routestelsel. Het is de Luchtverkeersleiding (LVNL) die het verkeer op deze routes begeleidt.

Onder omstandigheden zonder beperkingen gaat uitgaand luchtverkeer snel naar de hogere luchtlagen. Voor Lelystad geldt dat het uitgaande luchtverkeer geruime tijd onder een geringe hoek hoogte wint. In figuur 2.2 en 2.3 is het routestelsel van inkomend en uitgaand luchtverkeer weergegeven alsook de vlieghoogte op verschillende punten. Hieruit volgt dat het traject van 1.800 m hoogte tot 3.200 m hoogte zich over meer dan 60 km uitstrekt.



Figuur 2.2 *Routestelsel voor uitgaand en inkomend verkeer bij starten en landen in zuidwestelijke richting; ongeveer 60% van de tijd. Zie bijlage 1 voor uitsneden met leesbare hoogteaanduidingen. (versie 7 februari 2018).*



Figuur 2.3 *Routestelsel voor uitgaand en inkomend verkeer bij starten en landen in noordoostelijke richting; ongeveer 40% van de tijd. Zie bijlage 1 voor uitsneden met leesbare hoogteaanduidingen.(versie 7 februari 2018).*

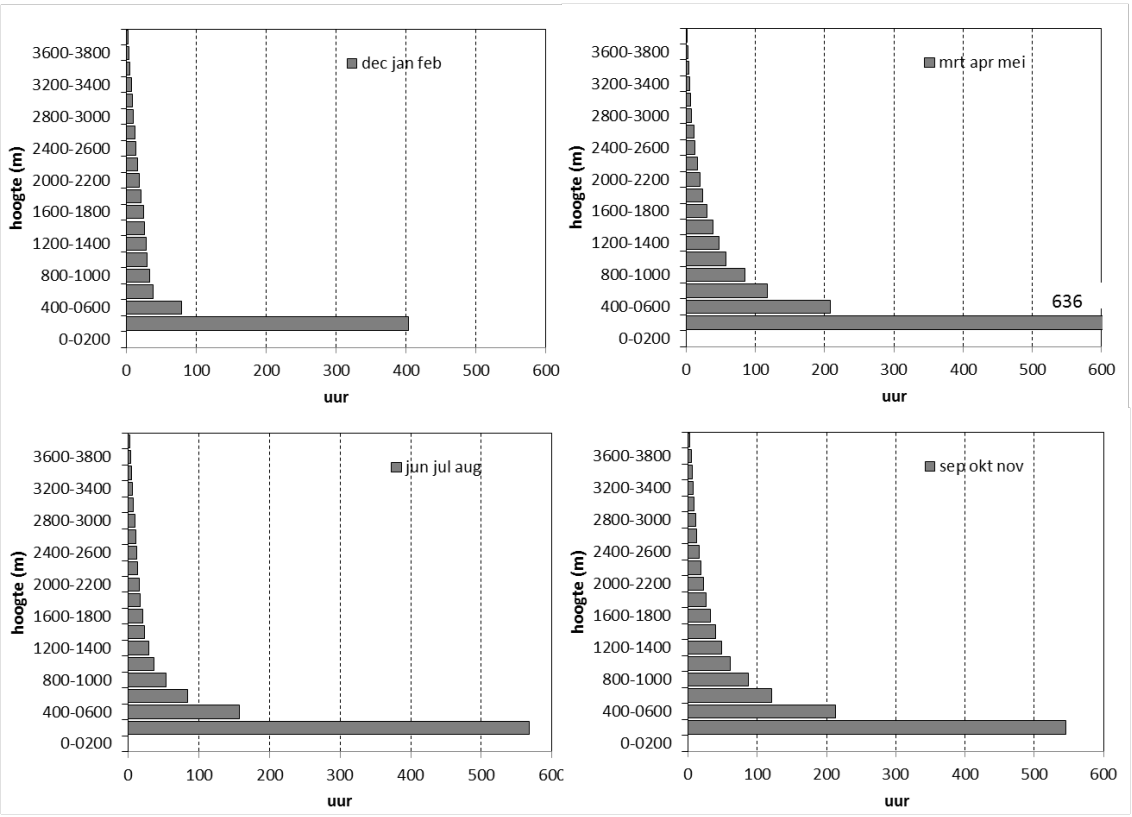
3 Resultaten

In de resultaten gaat het om het voorkomen van dichtheden van >10 ex/km3 (Birdtam 5, 6, 7, 8) in de loop van de dag en de loop van het jaar, en in het bijzonder als verdeling over hoogteklassen. In de beschrijving wordt onderscheid gemaakt in een viertal dichtheden, die zijn afgeleid van het waarschuwingssysteem van de KLu.

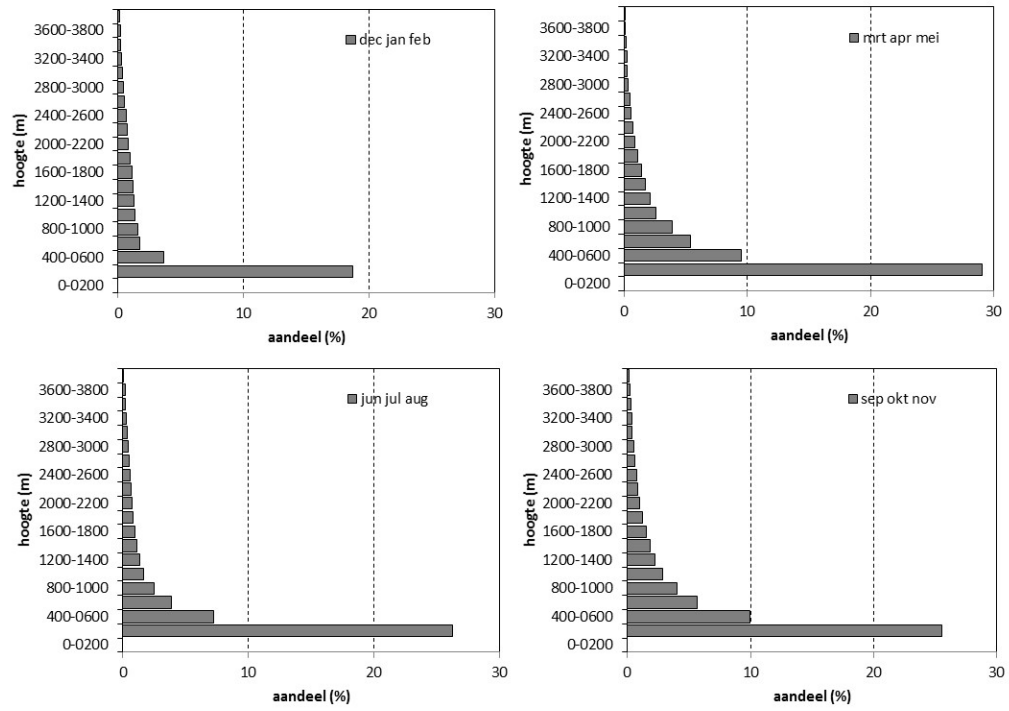
De lagere dichtheid van 10-20 ex/km3 (birdtam 5) is vele malen vaker vastgesteld dan de hoogste dichtheid >80 ex/km3 (birdtam 8). In de onderzochte jaren verhielde de dichtheden Birdtam 5, 6, 7 en 8 zich als 156: 36: 6: 1.

3.1 Hoogte in de loop van het jaar

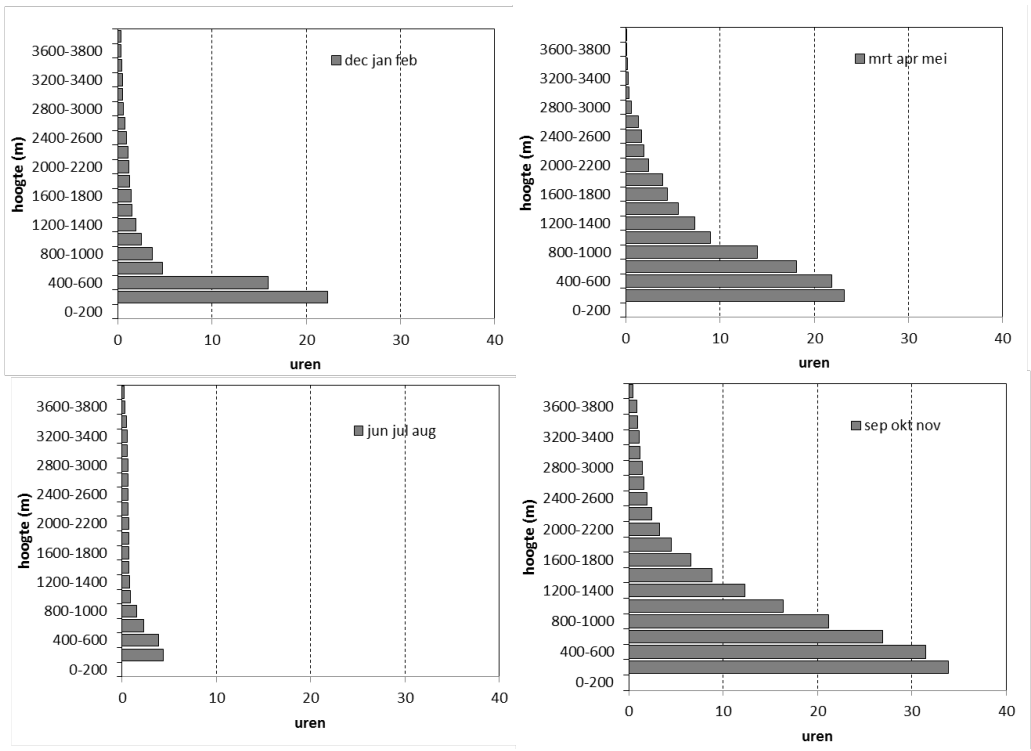
Dichtheden in de klassen 5, 6, 7 en 8 zijn gedurende het hele jaar vastgesteld, en vooral in de hoogteklasse 200-400 m (figuur 3.1). in de hoogteklassen hierboven is de dichtheid gemiddeld genomen altijd lager. In de hoogteklasse 200-400 m gaat het gemiddeld om 150-200 uren/maand dat de dichtheid de waarde van 10 ex/km^3 overschrijdt. Op een hoogte van 2000 m wordt deze dichtheid gemiddeld 5-8 uur per maand overschreden.



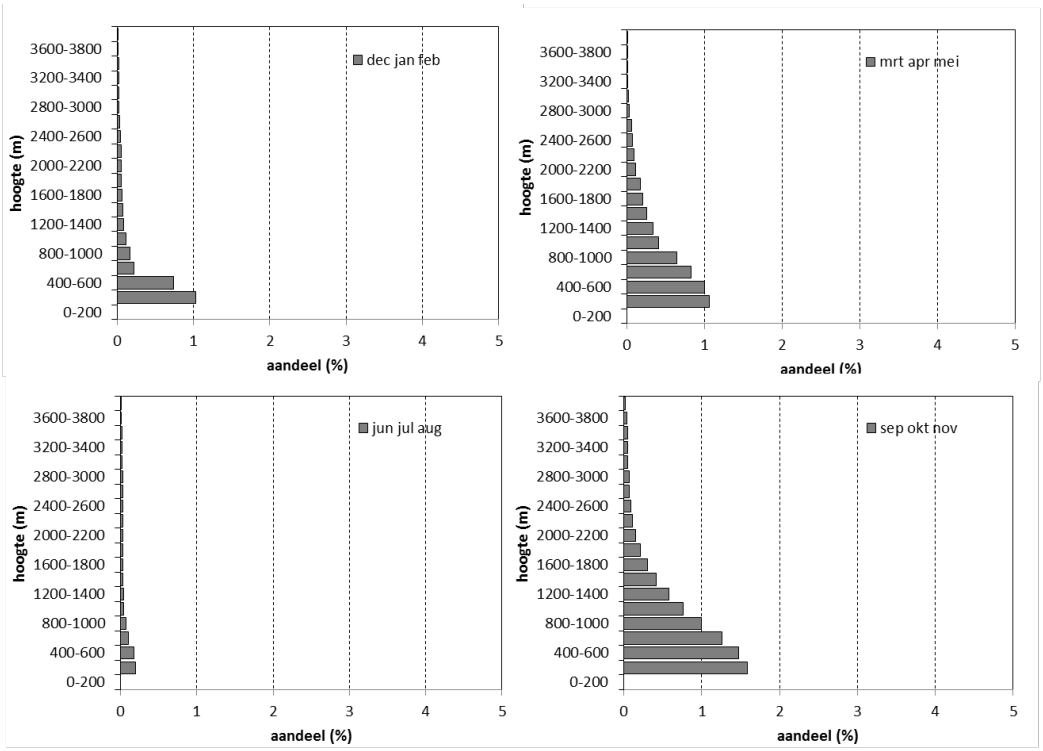
Figuur 3.1 Cumulatieve verdeling van dichtheidsklassen >10 ex/km^3 (Birdtam 5, 6, 7 en 8) over de kolom van 200-4.000 m hoogte; uitgedrukt in gemiddeld aantal uren per drie maanden..



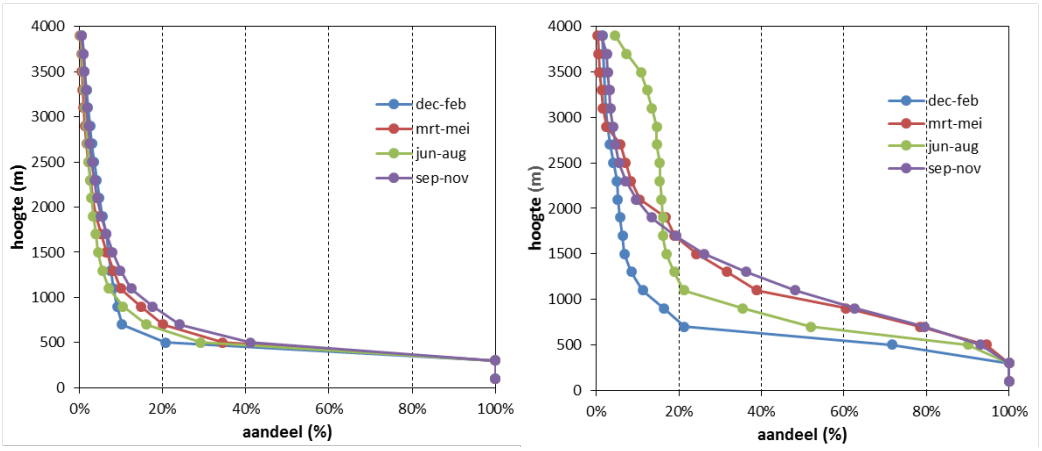
Figuur 3.2 *Cumulatieve verdeling van dichtheidsklassen >10 ex.km^3 (Birdtam 5, 6, 7 en 8) over de kolom van 200-4.000 m hoogte; uitgedrukt als aandeel (%) van het totaal aantal gemeten uren in drie maanden.*



Figuur 3.3 *Cumulatieve verdeling van dichtheidsklassen >40 ex/km^3 (Birdtam 7 en 8) over de kolom van 200-4.000 m hoogte; uitgedrukt in gemiddeld aantal uren per drie maanden..*



Figuur 3.4 *Cumulatieve verdeling van dichtheidsklassen >40 ex/km^3 (Birdtam 7 en 8) over de kolom van 200-4.000 m hoogte; uitgedrukt als aandeel (%) van het totaal aantal gemeten uren in drie maanden.*



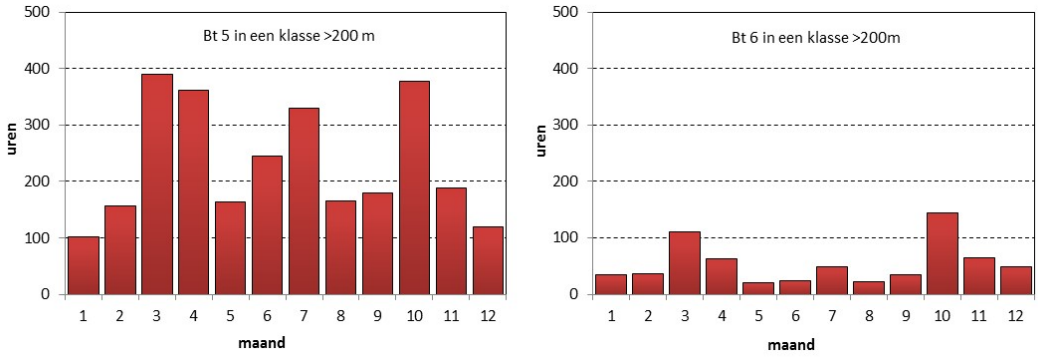
Figuur 3.5 *Cumulatieve verdeling van dichtheidsklassen 10-40 ex/km^3 (birdtam 5, 6, rechts en >40 ex.km^3 (Birdtam 7 en 8, rechts) over de kolom van 200-4.000 m hoogte; uitgedrukt als aandeel (%) van het absoluut uren dat de dichtheid cumulatief is vastgesteld (figuur 3.1 en 3.3).*

Dichtheden in de klassen 7 en 8 zijn gedurende het hele jaar vastgesteld, en vooral in de hoogteklasse 200-400 m (figuur 3.3). in de hoogteklassen hierboven is de dichtheid gemiddeld genomen altijd lager. In de hoogteklasse 200-400 m gaat het gemiddeld om 7-11 uren/maand dat de dichtheid de waarde van 10 ex/km^3 overschrijdt; alleen in de zomer maanden is deze tijdspanne beduidend lager: 1-2 uur /maand. Op een hoogte van 2.000 m wordt deze dichtheid gemiddeld 0-2 uur per maand

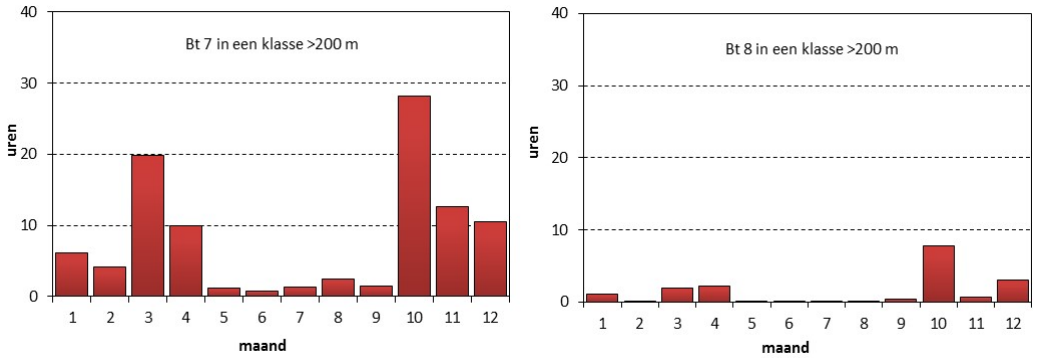
overschreden. Voorts is in maanden juni-augustus nauwelijks sprake van een zwaarte punt in de onderste laag van dichtheden van >40 ex/km^3.

3.2 Verdeling over het jaar

Bewegingen van aantallen vogels van enige omvang (Birdtam 5, 6) komen het hele jaar voor. In voor- en najaar kennen deze een maximum (figuur 3.6). Halverwege het jaar is in de verdeling een derde en lager maximum zichtbaar.



Figuur 3.6 *Aantal uren per maand per jaar dat dichtheid 10-20 ex/km^3 (Birdtam 5, links) en 20-40 ex/km^3 (Birdtam 8, rechts) in een hoogteklasse bedraagt.*



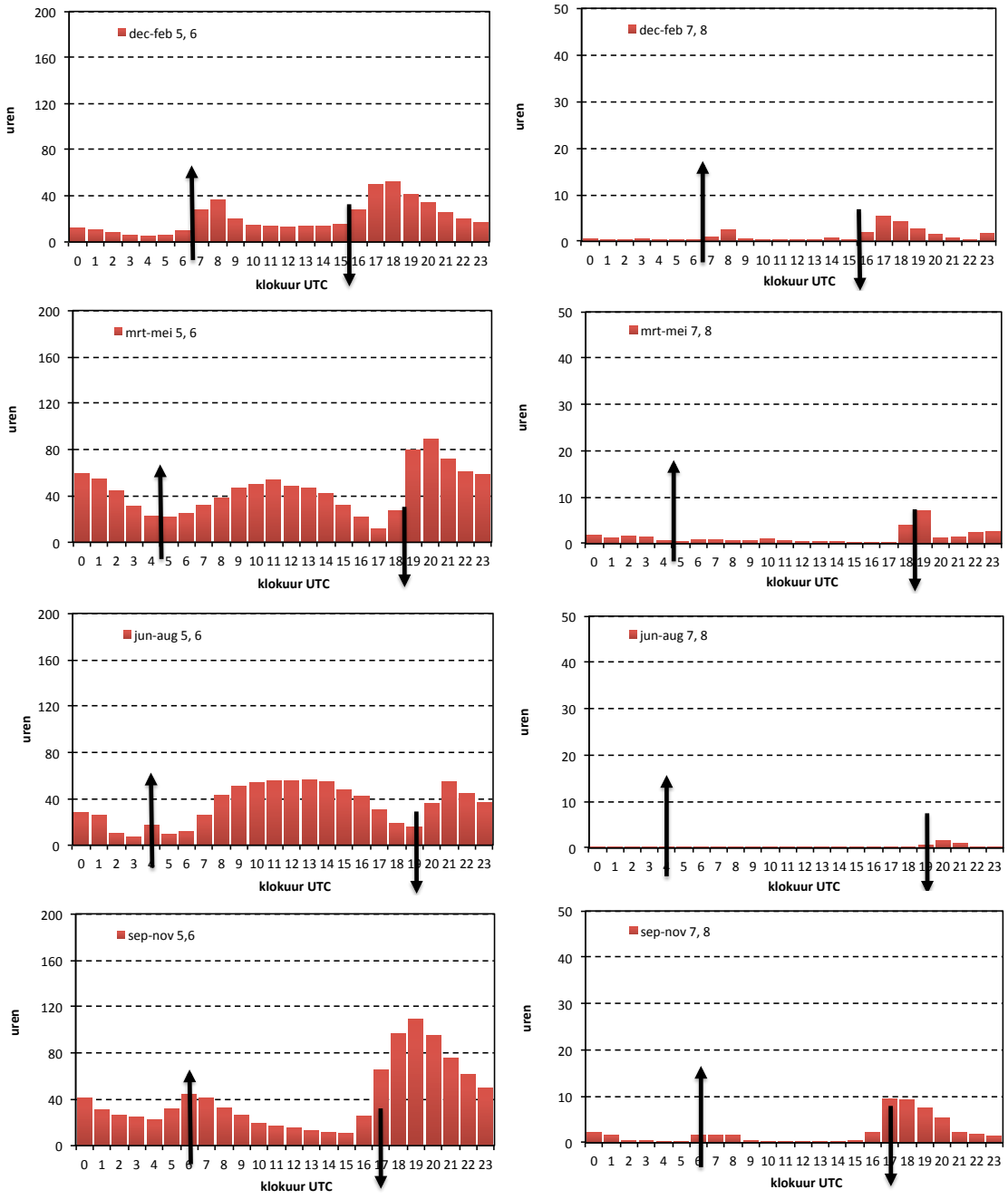
Figuur 3.7 *Aantal uren per maand per jaar dat dichtheid 40-80 ex/km^3 (Birdtam 7, links) en >80 ex/km^3 (Birdtam 8, rechts) in een hoogteklasse bedraagt.*

De hoogste dichtheden (>40 ex/km3, Birdtam 7 en 8) komen vooral in voor- en najaar voor alsook in de wintermaanden (figuur 3.7). In de zomermaanden is voor deze dichtheden geen derde en lager maximum meer zichtbaar.

3.3 Verdeling over het etmaal

In de verdeling van de dichtheid van vliegende vogels zijn verschillende patronen zichtbaar. In de wintermaanden zijn dichtheden van 10-40 ex/km^3 redelijk gelijkmatig

verdeeld over de dag. Hogere dichtheden zijn schaarser en zijn vooral vastgesteld aan het begin en einde van de dag. In de nacht zijn hoge dichtheden weinig genoteerd (figuur 3.8).

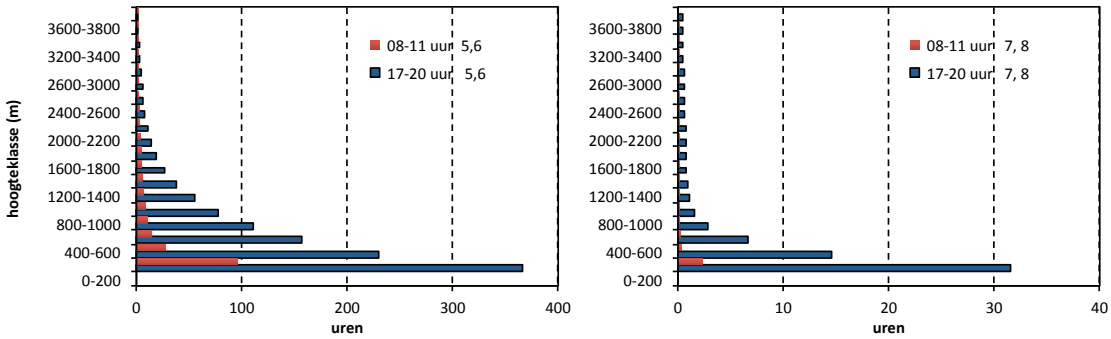


Figuur 3.8 *Verdeling over de dag van Birdtam 5 en 6 (links) en Birdtam 7 en 8 (rechts); uitgedrukt als het aantal uren per drie maanden. De pijlen geven het moment van zonop en zononder als gemiddelde voor de betrokken maanden; het meest vroege en late tijdstip in deze maanden liggen anderhalf tot twee uur uiteen.*

In maart-mei is in de (na)nacht en het einde van de dag een dip in dichtheden genoteerd; in de categorie 10-40 ex/km^3 meer dan in de categorie >40 ex/km^3. In de

zomer (juni-augustus) is in de dichtheid 10-40 ex/km^3 overdag een duidelijk maximum vastgesteld; en minder in het midden van de nacht. Dichtheden van >40 ex/km^3 zijn in deze maanden zeer schaars. In het najaar (september-november) is in de avond (donker) een duidelijk maximum in de dichtheid 10-40 ex/km^3 geregistreerd. Dichtheden van >40 ex/km3 komen vooral aan begin en einde van de nacht voor.

De hoogteverdeling in de loop van een dag is onderhevig aan veranderingen. Als illustratie is de hoogteverdeling in het najaar (september-november) gegeven. Het etmaal patroon kent in deze periode een duidelijke piek (figuur 3.8). Deze piek kent een hoogteverdeling die duidelijk verschilt met die overdag (figuur 3.9). Overdag zijn hoge dichtheden vooral vastgesteld in de onderste lagen; in de avond komen deze ook geregeld in hogere lagen voor.



Figuur 3.9 *Cumulatieve verdeling van dichtheidsklassen 10-40 ex/km^3 (Birdtam 5, 6) en >40 ex/km3 (Birdtam 7, 8) over de kolom van 200-4.000 m hoogte voor 4 uren overdag en vier uren in de avond (donker); uitgedrukt in gemiddeld aantal uren per drie maanden..*

4 Discussie

Dit rapport geeft inzicht in de intensiteit van vliegende vogels (vogeltrek) in relevante hoogtebanden in de loop van het jaar en daarbinnen in de loop van de dag. Daarbij wordt nagegaan in hoeverre de intensiteit van deze bewegingen kritische waarden overschrijdt zoals die voor de veiligheid van het militaire luchtverkeer gelden. Om de resultaten op waarde te kunnen schatten, wordt in het vervolg stilgestaan bij:

- de betrouwbaarheid en volledigheid van gegevens;
- in welke mate gegevens van een punt (De Bilt) representatief zijn voor het luchtruim boven Drenthe, Overijssel, Utrecht en Gelderland;
- de soortensamenstelling van de geregistreerde bewegingen van vogels;
- onderzoeken elders met vergelijkbare vraagstellingen;
- conclusie voor de veiligheid van het luchtverkeer van en naar Lelystad Airport;

4.1 Gegevens

Betrouwbaarheid en volledigheid
De gebruikte gegevens zijn onttrokken aan de weerradar van De Bilt. De methodiek om gegevens omtrent vogels aan de bundel te onttrekken is gevalideerd met onafhankelijk verzamelde gegevens (Dokter *et al.* 2010). Daarmee is voldaan een de vereisten van een goede validatie van gegevens.

In de analyse is gebruik gemaakt van een dataset die ruim vier en half jaar bestrijkt. In deze dataset zijn perioden met neerslag als dichtheid 0 ex/km^3 opgenomen. ontbreken een aantal tijdvakken. Dit zijn vooral tijdvakken met neerslag. Tijdens neerslag vallen echo's van vogels weg in de echo's van de neerslag. Vliegende vogels worden dan niet opgemerkt. Neerslag geldt voor trekkende vogels vooral als een ongunstige omstandigheid, het gros van de vogels zal dan aan de grond blijven. Lokale vogels kennen tijdens ongunstig weer wel vliegbewegingen. Deze zijn beperkt tot de onderste luchtlagen (tot 200-300m; uitzonderingen daargelaten). Daarboven zullen zich bij neerslag nauwelijks of geen vogels bevinden. Deze studie was vooral gericht op vliegende vogels in de hogere luchtlagen. Daarmee zijn geen belangrijke bewegingen van vogels gemist.

4.2 Soortensamenstelling

De gevonden patronen wijzen op een aantal fenomenen:

- relatief veel beweging aan begin en einde van de nacht en ook op grotere hoogte en dan vooral in maart en oktober-november;
- relatief veel beweging in de nacht in de wintermaanden en dan vooral op lagere hoogte;
- een piek in bewegingen in voor- en najaar en minder in juli;
- in de zomermaanden veel bewegingen overdag.

Voor- en najaar
Lijsterachtigen (merel, zanglijster, koperwiek, kramsvogel) trekken in het najaar in groten getale vanuit Noord- en Oost-Europa naar West- en Zuidwest-Europa en passeren daarbij Nederland. De merel is daarbij een vooral een nachttrekker, de andere drie soorten kennen dagtrek alsook nachttrek. Opgeteld gaat het om miljoenen vogels die het binnenland in breed front passeren (Lensink *et al*. 2002). De timing van deze soorten: maart en oktober-november, komt overeen met een maximum in de patronen over het jaar (figuur 3.5) en de patronen over de dag (figuur 3.7). Ook een soort als spreeuw kent dag- en nachttrek, kent eenzelfde timing en is ook zeer talrijk als doortrekker.

Zomer
Direct na het broedseizoen verwisselen in juni-juli verschillende soorten hun broedgebieden voor pleisterplaatsen (kokmeeuw, spreeuw, kievit). Deze soorten kunnen bijdragen in het maximum in juli (Lensink *et al.* 2002). Daarnaast kennen gierzwaluw, en ook boeren- en huiszwaluw, in de zomer omvangrijke vliegbewegingen (foerageren) die bij goed weer tot grote hoogte kunnen reiken. Ook kokmeeuwen kunnen in de zomer in de hogere luchtlagen op insecten foerageren. Dit is goed zichtbaar in het dagpatroon in de maanden juni-augustus waarbij de dichtheden zelden die van 40 ex/km3 (Birdtam 5, 6) overschrijden (figuur 3.7, 3,8).

Winter
In de wintermaanden herbergt Nederland een groot aantal herbivore watervogels die of overdag rusten en ’s nachts foerageren (en vliegen) (eenden), dan wel ’s nachts rusten en overdag foerageren (en vliegen) (zwanen, ganzen). In de wintermaanden doet de intensiteit van bewegingen weinig onder voor die in voor- en najaar terwijl de omvang van de trek in de wintermaanden beduidend minder is. Door het grote aantal herbivoren dat dagelijks vooral rond het scheiden van dag en nacht in de lucht is, is de intensiteit hoog, maar zijn het vooral bewegingen in de luchtlagen tot 400 m (vgl. figuur 3.1 en 3.8).

4.3 Breed-front-trek

Breed front
Over het binnenland van Nederland gaat de trek in voor- en najaar in breed-front. Dat wil zeggen dat er geen ruimtelijke verschillen zijn in intensiteit van de trek. In Apeldoorn of Lelystad zal de trek grofweg eenzelfde intensiteit hebben in vergelijking tot De Bilt.

De tegenhanger van breed-front-trek is gestuwde trek. Dit treedt op rond grootschalige overgang in het landschap: bijvoorbeeld op de overgang van land en zee (Tinbergen 1947, Alerstam 1990), of rond bergketens (Bruderer 1996). Langs de Hollandse kust treedt in het najaar gestuwde trek op, vooral bij uit zuid tot oost. In het voorjaar treedt stuwing vooral op langs de Vlaamse kust en de kusten van Noord-Nederland en dan

vooral bij wind uit zuid tot noordoost (Lensink *et al*. 2002, Poot *et al.* 2007). Wanneer trekvogels de wind in de rug hebben (meewind), is grootschalige stuwing vrijwel afwezig en nemen vogels de barrière, en vooral op grote hoogte.

In de breed-front-trek treden op korte afstand soms opmerkelijke verschillen in soortensamenstelling van de trek in de onderste luchtlagen op (Lensink *et al*. 2002): open land vogels (bijvoorbeeld veldleeuwerik) zijn talrijker boven open landschappen en relatief schaars boven bosrijk landschap. Bosvogels daarentegen zijn talrijker boven bosrijke landschappen dan boven open landschappen. Deze verschillen ontstaan door een aanpassing in hoogte en route van individuen. Op grotere hoogte zijn deze verschillen vermoedelijk afwezig.

Overdag
Overdag trekken zangvogels meer groepsgewijs dan gedurende de nacht (Zuur 1988, Bruderer & Leichti 2004, Bruderer *et al*. 2012). In de nacht zijn het vooral losvliegende individuen die, afhankelijk van de soort, middels een trekroep onderling contact houden (zanglijster, koperwiek, veldleeuwerik).

Het fenomeen van breed-front-trek is voor trek in de onderste luchtlaag op de schaal van Nederland overdag uitstekend onderzocht (Lensink *et al.* 2002). Binnen dit fenomeen geldt dat in het oosten van het land een aantal soorten wat talrijker is dan in het westen; vooral zangvogels die vanuit Noord-Europa naar Zuidwest-Europa gaan zijn daar (wat) talrijker (bijvoorbeeld vink, keep, houtduif). Over het westen van het land zijn soorten die in groten getale op de Britse Eilanden of onze kustgebieden overwinteren talrijker dan over het oosten (bijvoorbeeld aalscholver, ganzen, eenden, veldleeuwerik, kievit, goudplevier).

Nacht
Trek in de nacht kan omvangrijk zijn en tot grote hoogte reiken. Dichtheden van >80 ex/km3 zijn vooral in de avond en minder in de nacht vastgesteld, en dan vooral in voor en najaar. Dit is de periode dat zangvogels zich in grote aantallen verplaatsen tussen broedgebied en winterkwartier. Gemiddelde genomen is de vlieghoogte ’s nachts hoger dan overdag (Bruderer et al. 2012, Lensink *et al.* 2002). Daarnaast is massale trek in de nacht verbonden met gunstige weersomstandigheden, waarbij meewind een goede voorspeller is (Bruderer *et al*. 200?). Daarnaast kan de trek in de nacht gedurende een zekere periode beperkt zijn tot een bepaalde hoogteband; waarbij de dichtheid op lager hoogte aanmerkelijk lager is (Dokter *et al*. 2013). In de betrokken hoogteband zijn de omstandigheden veelal beter dan hoger of lager. Op zeker moment (in het bijzonder tegen de ochtend) komt hier een einde aan wanneer het gros van de vogels neerstrijkt.

4.4 Lokale vogels en trekkende vogels

Deze studie heeft laten zien dat in de hoogteverdeling van vliegende vogels de klasse 0-200 m veruit het grootste aandeel heeft (figuur 3.1), gevolgd door de klasse 200-400

m. In deze klassen kunnen trekkende vogels zich verplaatsen alsook lokale vogels. Zonder lokale vogels is het zwaartepunt in de onderste klasse minder groot.

Hoogteverdelingen van trekkende vogels laten een zwaartepunt in de onderste luchtlaag zien. Onder nachtelijke najaarstrek moge als verdeling gelden 20-30 % lager dan 200 m, 50% lager dan 700 m en 90% lager dan 2.000 m (Bruderer *et al*. 2017). In het voorjaar kan het zwaartepunt wat hoger liggen omdat de kans boven West-Europa op meewind dan groter is. Ook is met regelmaat vastgesteld dat sterke nachtelijke trek boven West-Europa met regelmaat samenvalt met gunstig weer (meewind). Overdag kennen trekkende vogels met zekerheid een gemiddeld lagere hoogte dan in de nacht (Bruderer *et al*. 2017), bij tegenwind kan de trek overdag zich volledig in de onderste luchtlaag afspelen (Buurma *et al.* 1985, Lensink *et al*. 2002).

Lokale studies met scheepsradar hebben ook laten zien dat nachtelijke vogeltrek zich tot ver boven de 1.000 m kan uitstrekken, waarbij het zwaartepunt overwegend in de onderste luchtlagen ligt (Poot *et al*. 2007a, 2007b, Poot & Lensink 2008). In sommige nachten kan gedurende enige tijd de onderste luchtlaag leeg zijn, waarbij trek zich volledig in een bepaalde hoogteband afspeelt (Dokter *et al.* 2013). Na verloop van tijd komt het zwaartepunt weer onderin te liggen; in ieder geval aan het einde van de nacht.

Onder vliegende vogels geldt als regel dat verplaatsingen over korte afstand zich alleen op lage hoogte afspelen, en over grote afstand ook op grote hoogte; afhankelijk van de weersomstandigheden. Een gerichte studie naar de vlieghoogte van vogels rond de banen van Schiphol heeft laten zien dat lokale grauwe ganzen tot een hoogte van 250 m vliegen en lokale houtduiven tot 100 m (Lensink *et al.* 2008).

4.5 Dichtheden en veiligheid van het luchtverkeer

Hoge dichtheden van vliegende vogels zijn vooral in de luchtlagen tot 400 m vastgesteld. Daarboven komen ze af en toe voor en dan vaak ook nog met een beperkte duur. In voor- en najaar komen hoge dichtheden in hogere luchtlagen het meest voor. Dan kunnen gunstige omstandigheden (meewind) grote aantallen trekvogels genereren, en dan voor in de laag met de gunstigste wind.

In de praktijk van het militaire luchtverkeer worden waarschuwingen en restricties vooral afgegeven voor de onderste luchtlagen. De vastgestelde dichtheden per hoogteklasse zijn vertaald naar de classificatie die de Koninklijke Luchtmacht hanteert in haar waarschuwingssysteem (BIRD notice To AirMan of BIRDTAM). Hierbij worden voor een dichtheid van 10-40 ex/km^3 waarschuwingen afgegeven (Birdtam 5 en 6) en voor dichtheden boven 40 ex/km^3 restricties (Birdtam 7 en 8). Dichtheden van 40 ex/km^3 en hoger komen weinig voor op de hoogte tussen 1.800 en 3.200 m; en dan vooral in voor- en najaar en voor een deel in de nacht.

Waarschuwingen en restricties voor militair luchtverkeer worden vooral voor luchtverkeer in de onderste luchtlagen afgegeven; waarschuwingen tot een hoogte van 1.800 m gelden gemiddeld 109 uur per jaar en restricties 13,2 uur per jaar. Tot een hoogte van 3.200 m is dit achtereenvolgens 31,1 uur en 2,7 uur. In genoemde tijdsspannen valt Birdtam 5, 6 voor 25% in de gesloten tijd van het vliegveld (nacht) en Birdtam 7, 8 voor 21%.

5 Conclusie

De vastgestelde dichtheden per hoogteklasse zijn geclassificeerd naar het waarschuwingssysteem van de Koninklijke Luchtmacht waarbij voor een dichtheid van 10-40 ex/km^3 waarschuwingen tot een bepaalde hoogte worden afgegeven (Birdtam 5, 6) en voor dichtheden boven 40 ex/km^3 (Birdtam 7, 8) tot een bepaalde hoogte restricties gelden. Dichtheden van 40 ex/km^3 en hoger komen weinig voor op de hoogte tussen 1.800 en 3.200 m, en dan vooral in de donkerperiode. Het zijn verschillende soorten zangvogels die de nachtelijke trekstroom domineren. Deze vogels trekken in de nacht als eenling, op ruime afstand van andere trekkers en soortgenoten. Onder zangvogels is het trekken in groepen vooral beperkt tot overdag.

Waarschuwingen en restricties voor militair luchtverkeer worden vooral in de onderste luchtlagen afgegeven; waarschuwingen tot een hoogte van 1.800 m gelden gemiddeld 109 uur per jaar en restricties 13,2 uur per jaar. Tot een hoogte van 3.200 m is dit achtereenvolgens 31,1 uur en 2,7 uur. In genoemde tijdsspannen valt Birdtam 5, 6 voor 25% in de gesloten tijd van het vliegveld (nacht) en Birdtam 7, 8 voor 21%. Op grond van het voorgaande is geen sprake van een duidelijk verhoogd risico voor het luchtverkeer van en naar Lelystad op hoogtes tussen 1.800 m en 3.200 m. Hierbij geldt ook dat vliegtuigen en motoren zoals die door de burgerluchtvaart worden gebruikt, minder kwetsbaar zijn voor aanvaringen dan een deel van de toestellen in het militaire verkeer.

6 Literatuur

Adecs Airinfra & To70 2014. Milieueffectrapport Lelystad Airport 2014; geïntegreerd hoofdrapport. Rapport le140309-3, Delft, Den Haag.

Alerstam, T. 1978. Reoriented bird migration in coastal areas: dispersal to suitable resting grounds? Oikos 30, 405–408.

Alerstam, T. 1990. Bird migration. Cambridge University Press, Cambridge.

Bruderer B. 1996. Vogelzugforschung im bereich der Alpen 1980–1995. Ornithol. Beob. 93, 119–130.

Bruderer B. 1997a. The study of bird migration by radar. Part I: the technical basis. Naturwissenschaften 84, 1 – 8. (doi:10.1007/s001140050338)

Bruderer B. 1997b. The study of bird migration by radar. Part II: major achievements. Naturwissenschaften 84, 45–54. (doi:10.1007/s001140050348)

Bruderer B. & D. Peter 2017. Windprofit als Ursache extremer Zughöhen. Orn. Beob. 114: 73-86.

Bruderer B., D. Peter & F. Korner-Nievergelt 2017. Vertical distribution of bird migration between the Baltic Sea and the Sahara. J. Orn. (doi.org/10.1007/-s10336-017-1506-z)

Bruderer B, Steuri T, Aschwanden J, Liechti F (2012) Vom mil- itätischen Zielfolgeradar zum Vogelradar. Orn. Beob 109:157–176

Buurma L.S. 1987. Patronen van hoge vogeltrek boven het Noordzeegebied in oktober. Limosa 60: 63-74.

Buurma L. S. 1995 Long-range surveillance radars as indicators of bird numbers aloft. Isr. J. Zool. 41, 221 – 236.

Buurma L.S., R. Lensink & L.G. Linnartz, 1986. Hoogte van breedfronttrek overdag boven Twente: een vergelijking van radar en visuele waarnemingen in oktober 1984. Limosa 59:169-182.

Dokter A.M., F. Liechti, H. Stark, L. Delobbe, P. Tabary & I. Holleman 2010. Bird migration flight altitudes studied by a network of operational weather radars. J. R. Soc. Interface. (doi:10.1098/rsif.2010.0116)

Dokter A.M., J. Shamoun-Baranes, M.U. Kemp, S. Tijm & I. Holleman 2013. High Altitude Bird Migration at Temperate Latitudes: A Synoptic Perspective on Wind Assistance. PLos ONE, 2013. 8(1): p. 52300. doi:10.1371/journal.-pone.0052300

Eastwood E. 1967. Radar ornithology. Methuen, London.

Elkins N. 1983. Weather and bird behaviour. Poyser, Calton.

Holleman I., H. van Gasteren & W. Bouten 2008. Quality Assessment of Weather Radar Wind Profiles during Bird Migration. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 25(12): 2188-2198.

Lack D. 1963a. Migration across the southern North Sea studied by radar. part IV autumn. Ibis 105: 1-54.

Lack D. 1963b. Migration across the southern North Sea studied by radar. part V movements in August, winter and spring, and conclusions. Ibis 105: 461-492.

Lensink R. 1986. Trekpatronen van Merel *Turdus merula*, Zanglijster *T. philomelos* en

Koperwiek *T. iliacus* gedurende het etmaal. Limosa 59:40-42.

Lensink R. 2002. Patronen in de trek over Nederland. In Lwvt/Sovon. Zichtbare Vogeltrek over Nederland, 1976-1993. Schuyt & Co., Haarlem.

Lensink R., H. van Gasteren, F. Hustings, L. Linnartz., F. Vogelzang, C. Witkamp, L.S. Buurma & G. van Duin (red.) 2002. Lwvt/Sovon. Zichtbare Vogeltrek over Nederland, 1976-1993. Schuyt & Co., Haarlem.

Poot M.J.M. & R. Lensink 2008. Ruimtelijke patronen en fluxen van nachtelijke vogeltrek over het havengebied van Antwerpen op de rechteroever van de Schelde in het voorjaar van 2008. Rapport 08-113, Bureau Waardenburg, Culemborg.

Poot M.J.M., R. Lensink & R.R. Smits 2007a. Vogels in het luchtruim van het rechteroever havengebied van Antwerpen in relatie tot grote windturbines; veldonderzoek in najaar 2007. Rapport 07-221, Bureau Waardenburg, Culemborg.

Poot M.J.M., R. Lensink & A. Brenninkmeijer 2007b. Vogeltrek over de Eemshaven in voorjaar 2007 in relatie tot nieuwe windturbines; Beschrijving van vogeltrek voor plaatsing. Rapport 07-103, Bureau Waardenburg, Culemborg.

Richardson W.J. 1978. Timing and amount of bird migration in relation to weather: a review. Oikos 30: 224-272.

Richardson W.J. 1990. Timing and amount of bird migration in relation to weather: updated review. P. 78-101 *in* Gwinner E. (ed) Bird migration: physiology and ecophysiology. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

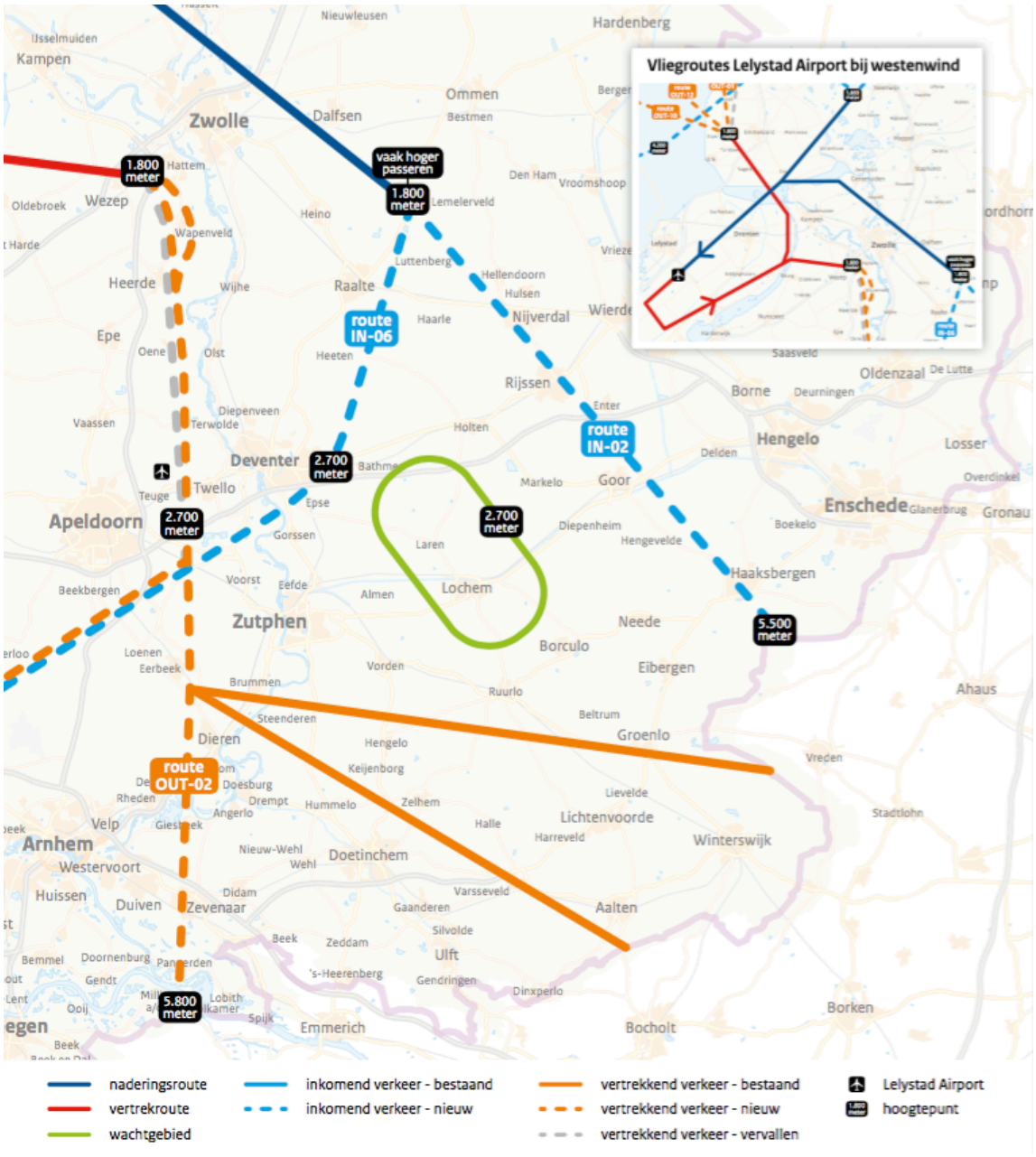
Smits R.R. & R. Lensink 2014. Analyse vogels & vliegveiligheid vliegveld Lelystad. Rapport 11-178, Bureau Waardenburg, Culemborg.

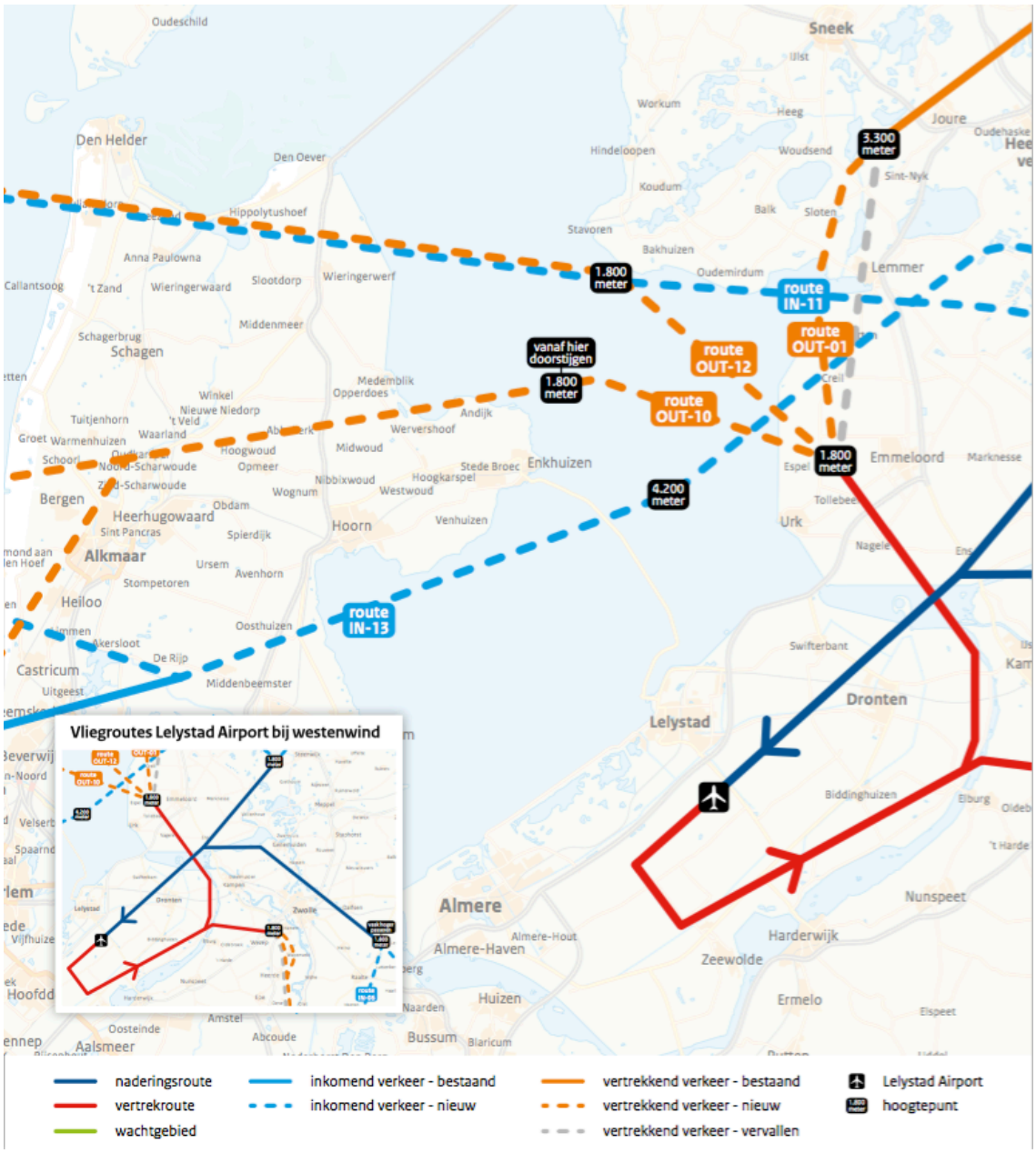
Tinbergen L. 1947, 1956. Vogels onderweg. Scheltema, Amsterdam.

van Gasteren H., I. Holleman, W. Bouten, E. van Loon & J. Shamon-Baranes 2008. Extracting bird migration information from C-band Doppler weather radars. Ibis 150: 674-686.

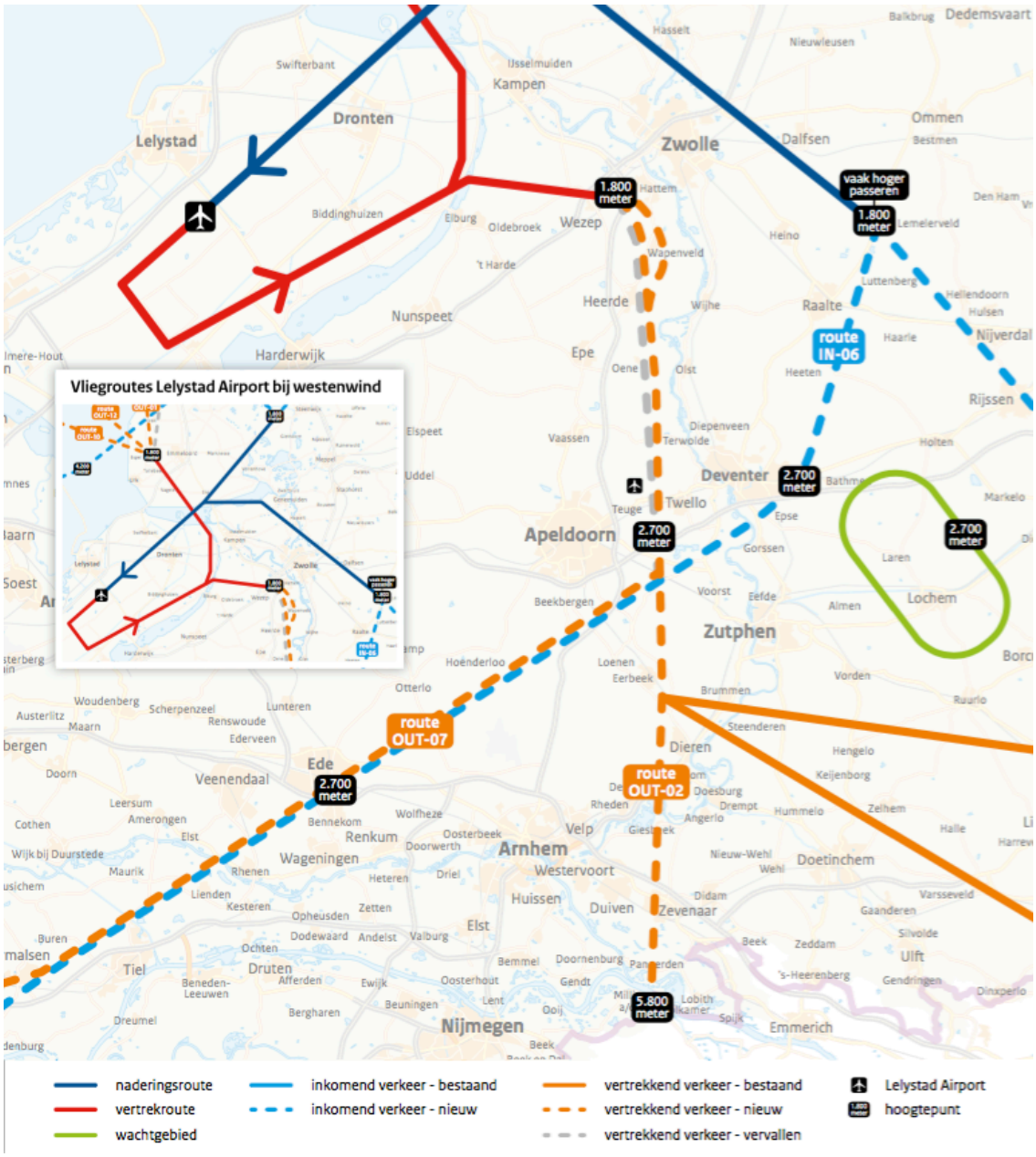
Zuur B. 1984. Nearest neighbour distances in day and night migrating birds; a study using stereo-photography. Vogelwarte 32: 206-218.

Bijlage 1 Uitsneden uit de figuren 2.2 en 2.3 met hoogteaanduidingen




Vliegroutes Lelystad Airport bij westenwind
route IN-11
route IN-13
route OUT-01
route OUT-10
route OUT-12
1.800 meter
3.300 meter
4.200 meter
vanaf hier doorstijgen
naderingsroute
vertrekroute
wachtgebied
inkomend verkeer - bestaand
inkomend verkeer - nieuw
vertrekkend verkeer - bestaand
vertrekkend verkeer - nieuw
vertrekkend verkeer - vervallen
Lelystad Airport
hoogtepunt

route IN-11
route IN-01
route IN-15
route IN-06
route IN-02
route OUT-01
route OUT-12
route OUT-10
vanaf hier doorstijgen
vaak hoger passeren
3.300 meter
1.800 meter
4.200 meter
2.700 meter
5.500 meter
Groningen
Leeuwarden
Drachten
Sneek
Heerenveen
Lemmer
Emmeloord
Steenwijk
Meppel
Zwolle
Lelystad
Dronten
Almere
Harderwijk
Apeldoorn
Deventer
Enschede
Almelo
Hengelo
Amersfoort
naderingsroute
vertrekroute
wachtgebied
inkomend verkeer - bestaand
inkomend verkeer - nieuw
vertrekkend verkeer - bestaand
vertrekkend verkeer - nieuw
vertrekkend verkeer - vervallen
Lelystad Airport
hoogtepunt


Vliegroutes Lelystad Airport bij westenwind
Lelystad
Dronten
Kampen
Zwolle
Dalfsen
Ommen
Dedemsvaart
Wezep
Heerde
Epe
Nunspeet
Harderwijk
Raalte
Nijverdal
Rijssen
Deventer
Twello
Apeldoorn
Zutphen
Lochem
Ede
Veenendaal
Renkum
Wageningen
Arnhem
Westervoort
Huissen
Duiven
Zevenaar
Doetinchem
Elst
Nijmegen
Emmerich
1.800 meter
vaak hoger passeren
1.800 meter
route IN-06
2.700 meter
2.700 meter
2.700 meter
2.700 meter
route OUT-07
route OUT-02
5.800 meter
naderingsroute
vertrekroute
wachtgebied
inkomend verkeer - bestaand
inkomend verkeer - nieuw
vertrekkend verkeer - bestaand
vertrekkend verkeer - nieuw
vertrekkend verkeer - vervallen
Lelystad Airport
hoogtepunt

Bijlage 2 Cumulatief aantal uren per hoogteband per drie maanden waarin de dichtheid groter is dan 10 ex/km^3 (boven) en groter dan 40 ex/km^3 (beneden).

Birdtam 5, 6, 7, 8 hoogte (m)	dec-feb	mrt-mei	jun-aug	sep-nov	totaal uren
0-200	404,8	639,9	571,4	548,6	2164
200-400	404,8	639,9	571,4	548,6	2164
400-600	8,2	206,4	156,4	211,2	652
600-800	37,9	117,0	84,1	120,2	359
800-1000	33,2	84,7	53,4	86,5	258
1000-1200	29,8	57,1	36,6	61,2	185
1200-1400	27,7	47,2	28,7	48,9	152
1400-1600	25,8	38,0	23,4	40,0	127
1600-1800	24,1	30,6	21,0	33,0	109
1800-2000	21,0	24,2	17,7	26,7	90
2000-2200	18,3	19,5	15,6	22,0	75
2200-2400	16,1	16,5	13,9	18,7	65
2400-2600	13,7	13,0	12,4	15,8	55
2600-2800	11,7	10,8	10,8	12,9	46
2600-3000	9,8	7,9	9,2	11,1	38
3000-3200	8,1	6,3	7,7	9,1	31
3200-3400	6,6	4,7	6,3	7,9	26
3400-3600	4,6	3,3	5,0	6,3	19
3600-3800	4,0	2,8	3,9	5,3	16
3800-4000	2,1	1,2	1,9	2,5	8

Birdtam 7, 8	dec-feb	mrt-mei	jun-aug	sep-nov	totaal uren
0-200	22,3	23,2	4,3	33,9	83,7
200-400	22,3	23,2	4,3	33,9	83,7
400-600	16,0	21,9	3,9	31,5	73,3
600-800	4,8	18,2	2,3	26,9	52,1
800-1000	3,6	14,0	1,5	21,2	40,4
1000-1200	2,5	9,0	0,9	16,3	28,8
1200-1400	1,9	7,3	0,8	12,3	22,4
1400-1600	1,5	5,6	0,7	8,8	16,7
1600-1800	1,4	4,4	0,7	6,5	13,0
1800-2000	1,3	3,9	0,7	4,5	10,4
2000-2200	1,2	2,4	0,7	3,3	7,5
2200-2400	1,1	1,9	0,7	2,4	6,1
2400-2600	0,9	1,7	0,7	1,9	5,1
2600-2800	0,7	1,3	0,6	1,6	4,3
2600-3000	0,6	0,6	0,6	1,4	3,2
3000-3200	0,5	0,4	0,6	1,2	2,6
3200-3400	0,5	0,3	0,5	1,1	2,4
3400-3600	0,4	0,2	0,5	1,0	2,0
3600-3800	0,4	0,1	0,3	0,9	1,7
3800-4000	0,3	0,1	0,2	0,5	1,1