



Havarikommissionen

Accident Investigation Board Denmark

Redegørelse 2022-178



Havari med OY-POZ (Piper PA28) 0,9 nautiske mil nord for Roskilde (EKRK) d. 03-05-2022.

OFFENTLIGGJORT DECEMBER 2022

FORORD

Havarikommissionen for Civil Luftfart og Jernbane (Havarikommissionen) er en uafhængig statslig organisation, der har til formål at undersøge havarier, ulykker og hændelser inden for luftfart og jernbane.

Havarikommissionen undersøger flyvehavarier og alvorlige flyvehændelser med henblik på at forebygge sådanne. Sikkerhedsundersøgelserne omfatter civile luftfartøjer over eller på dansk territorium samt uden for dansk territorium, hvor dansk registrerede civile luftfartøjer er involveret, med mindre det med fremmed stat er aftalt at denne foretager sikkerhedsundersøgelsen.

I overensstemmelse med EU forordningen 996/2010, luftfartsloven og ICAO bilag 13 afspejler denne redegørelse Havarikommissionens tekniske og operative vurdering af det indtrufnes omstændigheder, dets årsager og konsekvenser.

Sikkerhedsundersøgelserne har alene et flyvesikkerhedsmæssigt formål og tager ikke sigte på at placere skyld eller ansvar. Derfor kan enhver brug af denne redegørelse til andre formål end at forebygge fremtidige flyvehavarier og alvorlige flyvehændelser føre til fejlagtige eller misvisende fortolkninger.

Eftertryk med kildeangivelse må offentliggøres uden særskilt tilladelse.

INDHOLDSFORTEGNELSE

GENERELT	5
SYNOPSIS	6
FAKTUELLE OPLYSNINGER	7
Flyvningens forløb	7
Tilskadekomst af personer.....	8
Skader på luftfartøjet	9
Andre skader.....	10
Oplysninger om personel.....	11
Certifikat og helbredsgodkendelse.....	11
Hvile før flyvningen.....	11
Flyveerfaring.....	11
Uddannelsesforløb	11
Oplysninger om luftfartøjet	11
Generel information	11
Masse og balance	12
Flyets tekniske status	12
Flyvehåndbog (uddrag).....	12
Meteorologiske oplysninger	12
Lufthavnsudsigt (TAF) for EKRK.....	12
Aeronautisk rutinevejmelding (METAR) for EKRK	13
Aftercast for EKRK	13
Kommunikation.....	13
Oplysninger om flyvepladsen.....	13
Generel information	13
Oplysninger om organisation og ledelse	14
Flyveskolens Standard Operating Procedures SOP	14
Havarikommissionens sikkerhedsundersøgelser	14
Operationelle sikkerhedsundersøgelser.....	14
Tekniske sikkerhedsundersøgelser.....	20

ANALYSE	22
Generelt	22
Slutindflyvning til bane 21	22
Sandsynlighed for abrupte manøvrer under finaledrejet	22
Menneskelig præstationsevne og begrænsninger	23
Hukommelsestab	23
Stressbelastning under slutindflyvningen	23
Vurdering af flyveelever	24
KONKLUSIONER	25
Sammenfatning	25
BILAG 1	26
BILAG 2	27
BILAG 3	28
BILAG 4	29
BILAG 5	30
BILAG 6	31
BILAG 7	32
BILAG 8	33

GENERELT

Sagsnummer: 2022-178
UTC dato: 03-05-2022
UTC tid: 09:10
Begivenhed: Havari
Sted: 0,9 nautiske mil (nm) nord for Roskilde (EKRK)
Personskade: Ingen
Registrering: OY-POZ
Luftfartøjstype: Piper PA28-151, Cherokee Warrior
Flyveregler: Visuelflyvereglerne (VFR)
Operationstype: Skole
Flyvefase: Indflyvning
Luftfartøjskategori: Fastvinget
Sidste afgangssted: EKRK
Planlagt landingssted: EKRK
Skade på luftfartøj: Væsentligt
Motortype: 1 x Lycoming O-320-E3D

SYNOPSIS

Notifikation

Alle tidsangivelser i denne redegørelse er koordineret universaltid (UTC).

Luftfartsenheden i Havarikommissionen modtog meddelelse om havariet fra Kontrolcentralen i København (EKCH) d. 03-05-2022 kl. 09:20.

Havarikommissionen notificerede the US National Transportation Safety Board (NTSB), the European Aviation Safety Agency (EASA), the Directorate General for Mobility and Transport (DG MOVE) og Trafikstyrelsen (TS) om havariet d. 04-05-2022 kl. 14:49.

Sammenfatning

Lav flyveerfaring under eneflyvning i kombination med et akkumulerende stressniveau ud over flyveelevens stresstærskel vurderes at have afledt et signifikant fald i flyveelevens præstationsevne.

Flyveeleven reagerede sandsynligvis med en frys-respons, hvor flyveeleven over en tidsperiode var kognitiv passiv og handlede irrationelt.

Kognitiv passivitet og irrationalitet medførte tab af kontrol over flyet og efterfølgende kollision med trætoppe.

Havariet skete i dagslys og under visuelle vejrforhold (VMC).

FAKTUELLE OPLYSNINGER

Flyvningens forløb

Flyvningen var en lokal VFR-skoleflyvning (eneflyvning) fra Roskilde (EKRK).

Formålet med flyvningen var at træne sidevindslandinger.

Havariet skete i forbindelse med slutindflyvningen til bane 21.

Under den første venstrehåndslandingsrunde drejede flyveeleven fra medvindsbenet til base umiddelbart over den nordvestlige del af Tune by.

Under de efterfølgende seks venstrehåndslandingsrunder drejede flyveeleven fra medvindsbenet til base ca. 0,5-0,7 nm nord for Tune by, hvilket medførte en længere finale til bane 21.

Flyveeleven havde ikke bemærkninger til de første syv venstrehåndslandingsrunder.

Fordi det tilnærmelsesvis var blevet vindstille på jorden valgte flyveeleven, at den ottende landing skulle være en fuldstoplanding.

Grundet ankommende trafik med en radiofejl anmodede tårnflyvelederen flyveeleven om, da flyet lå på en venstre medvind til bane 21, at dreje til højre for at fortsætte på en højre medvind til bane 29 og efterfølgende udføre landingsrunder til bane 29.

Flyveeleven fortsatte på en venstre medvind til bane 21 og spurgte, om det forsat var muligt at lave en fuldstoplanding. Tårnflyvelederen bekræftede og gav flyveeleven instruktion om, da flyet var på en position over udkanten af den sydvestlige del af Tune by, at dreje base til bane 21.

Det var flyveelevens opfattelse, umiddelbart efter flyets passage af en position vinkelret ud fra tærsklen til bane 21, at have udfældet flyets flaps til flapposition 10° samt at have reduceret flyvehastigheden til 80 knob (kt).

Umiddelbart efter flyets passage af en position vinkelret ud fra tærsklen til bane 21 præsenterede radardata flyets flyvehastighed henover jorden (Ground Speed (GS)) til at være 103 kt og flyvehøjden (korrigeret for QNH) til at være 900 fod (ft).

I basedrejet var det flyveelevens opfattelse at have udfældet flyets flaps til flapposition 25° samt at have reduceret flyvehastigheden til 75 kt.

Halvvejs i basedrejet til bane 21 præsenterede radardata flyets GS til at være 97 kt og flyvehøjden til at være 700 ft.

Kl. 09:10:34 på venstre base til bane 21 fik flyveeleven tilladelse til at lande på bane 21. Tårnflyvelederen rapporterede vindforholdene til at være vindstille og for derefter at korrigere til 310° og 5 kt.

Det var på daværende tidspunkt flyveelevens opfattelse, at flyvehøjde, -hastighed og flyets konfiguration så "fornuftigt" ud.

Kl. 09:10:40 rapporterede flyveeleven: "Jaa, jeg går nok rundt på den her". Radardata præsenterede flyets GS til at være 94 kt og flyvehøjden til at være 600 ft. [Se bilag 1.](#)

Kl. 09:10:44 kaldte tårnflyvelederen flyveeleven og spurgte: "OOZ – hvorfor?"

Flyveeleven havde en oplevelse af, at flyet under finaledrejet pludseligt krængede mod højre og hurtigt tabte flyvehøjde. Det var flyveelevens opfattelse ikke at have givet abrupte kontrolinput.

Tårnflyvelederen observerede, at flyet lå vest for centerlinjen i en lavere end forventet flyvehøjde og kaldte med forhøjet stemmeleje kl. 09:10:50 flyveeleven og spurgte: "OOZ – har I styr på det der?". [Se bilag 1.](#)

Det var flyveelevens opfattelse at have iværksat proceduren for afbrudt indflyvning (fuld gas på motoren og indfældning af flyets flaps til flapposition 0°), og flyveeleven forsøgte at rette flyet op fra nedgang til vandret ligeud flyvning. Det lykkedes flyveeleven at rette flyet op, inden det fløj igennem trætoppe tæt på en betonstøjvold i den nordlige ende af en nærliggende gokartbane.

Kl. 09:10:53 rapporterede flyveeleven: "Roskilde Tower – MAYDAY MAYDAY MAYDAY". [Se bilag 1.](#)

Radardata præsenterede flyets GS kl. 09:10:54 til at være 110 kt og flyvehøjden til at være 200 ft.

Tårnflyvelederen sikrede frit lufrum for flyveeleven til at håndtere problemet og informerede flyveeleven om, at alle baner var tilgængelige.

Flyveeleven oplevede fuld kontrol over flyet og konstaterede, at der ikke var tekniske problemer og valgte at lande på bane 29.

Flyet landede på bane 29 uden yderligere begivenheder.

Tårnflyvelederen vurderede trafikintensiteten under hændelsesforløbet til at have været lav til medium.

Tilskadekomst af personer

<i>Tilskadekomst</i>	<i>Besætning</i>	<i>Passagerer</i>	<i>Andre</i>
Omkomne			
Alvorlig			
Ingen	1		

Skader på luftfartøjet

Flyet blev væsentligt beskadiget ved havariet, og der opstod bl.a. skade på begge vinger, haleplanet, afskærmning af understelsben samt motorskærmen (se udvalgte billeder).



Figur 1. Skade yderst på højre vinge. Havarikommissionen har skjult flyveskolens logo.



Foto 1. Skade inderst på højre vinge.



Figur 2. Skader og skrabemærker på haleplanet. Havarikommisionen har skjult flyveskolens logo.

Andre skader

Der skete mindre skade på trætoppe tæt på en betonstøjvold rundt om en gokartbane.



Figur 3. Mindre skade på trætoppe tæt på en betonstøjvold. Billedet blev taget i retning fra gokartbanen mod betonstøjvolden (mod flyveretningen). Grenstumper lå på gokartbanens asfalt.

Oplysninger om personelCertifikat og helbredsgodkendelse

Flyveeleven – mand 19 år – var under uddannelse til et trafikflyvercertifikat (CPL) i et integreret uddannelsesforløb.

Pilotens helbredsgodkendelse (klasse 1) var gyldig indtil d. 21-04-2023.

Hvile før flyvningen

Flyveeleven følte sig før flyvningen veltilpas og udhvilet.

Flyveerfaring

	Seneste 24 timer	Seneste 90 dage	Total
Antal timer, alle typer	-	23:05	32:20
Antal timer, denne type	-	23:05	32:20
Antal landinger	-	89	98

Uddannelsesforløb

Flyveelevens første flyvning under dobbeltstyring var d. 05-01-2022.

Flyveeleven blev frigivet til eneflyvning d. 19-03-2022.

Flyveeleven blev frigivet til sidevindslandinger under eneflyvning d. 28-04-2022.

Samlet flyveerfaring under eneflyvning var forud for dagens flyvning 02:35 timer.

Oplysninger om luftfartøjetGenerel information

Flyfabrikant:	Piper Aircraft Corporation
Flytype:	PA28-151, Cherokee Warrior
Fabrikationsnummer:	28-7415248
Luftdygtighedseftersynsbevis:	Udløbsdato d. 12-06-2022
Motorfabrikant:	Lycoming
Motortype:	O320-E3D
Propelfabrikant:	Sensenich
Propeltype:	74DM6-O-60
Total flyvetid pr. d. 02-05-2022:	5782:45 timer
Planlagt vedligeholdelse:	5793 timer eller senest d. 29-12-2022
Tekniske anmærkninger jf. logbog:	Ingen
Maksimum tilladte startmasse:	2325 pund (lbs)
Brændstofbeholdning:	Ca. 32 US gallons (USG) på havaritidspunktet
Tyngdepunktsbegrænsninger:	83 inches (forward limit)/93 inches (rearward limit) (normal category at 1950 lbs or less) 87 inches (forward limit)/93 inches (rearward limit) (normal category at 2325 lbs)

Masse og balance

Havarikommissionens forudsætninger for en teoretisk beregning:

- Havarikommissionen har fastsat flyveelevens masse til at være 85 kg $\approx$ 187 lbs.
- Flyveeleven angav brændstofbeholdningen på havaritidspunktet til at være ca. 32 USG.
- 1 USG $\approx$ 6 lbs.

Emne	Masse lbs	Arm inches	Moment lbs/inches
Tommasse:	1531	87,30	133.671,00
Pilot og passager:	187	80,5	15.053,50
Bagsædepassagerer:	-	118,1	-
Bagage:	-	142,8	-
Brændstof:	192	95	18.240,00
Totalmasse på havaritidspunktet:	1910	87,4	166.964,5

Flyets tekniske status

Flyveeleven oplevede ingen tekniske problemer med flyet under hændelsesforløbet.

Flyvehåndbog (uddrag)

a. Begrænsninger

”Flaps extended (Ser. no 7415001 through 7515449): 125 MPH” (109 kt).

b. Stallhastigheder (mph)

Angle of Bank	0°	20°	40°	50°	60°
Flaps Up	64,5 (56)	67 (58)	74 (64)	80 (70)	91 (79)
Flaps Down	58 (50)	60 (52)	66 (57)	72 (63)	82 (71)

Note.

Havarikommissionen har i parenteser angivet stallhastigheder i kt.

Meteorologiske oplysningerLufthavnsudsigt (TAF) for EKRK

TAF AMD 030625Z 0306/0315 29010KT 9999 SCT020 PROB40 0306/0308
BKN014 BECMG 0312/0315 06008KT=

TAF 030820Z 0309/0318 32010KT 9999 SCT020 TEMPO 0312/0318
SCT020TCU BECMG 0312/0315 06008KT=

Aeronautisk rutinevejmelding (METAR) for EKRK

METAR 030750Z AUTO 32006KT 270V340 9999 BKN020/// 10/04 Q1016=
METAR 030820Z AUTO 31006KT 250V350 9999 BKN020/// 09/05 Q1016=
METAR 030850Z AUTO 32003KT 9999 BKN021/// 11/05 Q1016=
METAR 030920Z AUTO 32004KT 270V360 9999 BKN022/// 10/04 Q1016=

Aftercast for EKRK

Oversigt: Svag nordlig strømning af let ustabil koldluft over Danmark.

Sigtbarhed: God sigtbarhed, mere end 10 kilometer (km), formentligt mindst 20-30 km.

Skyer og vejr: Skyet (broken) af stratocumulus/cumulus i ca. 2000 fod (ft). Intet vejr.

Jordvind (10 meter (m)) over jorden): Målinger fra EKRK (auto-SYNOP).
Kl. 09:00 - 328° 03 kt stødende til 07 kt.
Kl. 09:10 - 322° 03 kt stødende til 07 kt.
Kl. 09:20 - 319° 04 kt stødende til 06 kt.
Note.
Auto-SYNOP arkiverede ikke oplysninger om eventuelle variationer i vindretningen.

Turbulens: Ingen.

Højdevinde: 500 ft - 330° 07 kt.
1000 ft - 330° 10 kt.

Kommunikation

Havarikommissionen indhentede relevant talekommunikation. Den indhentede talekommunikation var af god kvalitet og brugbar for Havarikommissionens sikkerhedsundersøgelse.

Flyveeleven var under hændelsesforløbet i radiokontakt med Roskilde kontroltårn (118,900 Megahertz).

Havarikommissionen vurderer radiofrekvensbelastningen under hændelsesforløbet til at have været medium.

Oplysninger om flyvepladsenGenerel information

Flyvepladsens referencepunkt: 55 35 08.04N 012 07 53.14Ø
Elevation: 146 ft
Baner: 03/21 og 11/29
Banedimensioner bane 21: 1500 m x 31 m
Baneoverflade: Asfalt

Oplysninger om organisation og ledelseFlyveskolens Standard Operating Procedures SOP

Uddrag fra flyveskolens SOP – [se bilag 2](#).

Havarikommissionens sikkerhedsundersøgelserOperationelle sikkerhedsundersøgelser**a. Vidneobservationer**

Et vidne med flyveerfaring, der kørte i sin bil på Tjærebyvej ca. 0,7 nm nord for EKRRK i retning mod Tune, observerede flyet i lav flyvehøjde i overgangen fra base- til finaldrejet til bane 21. Vidnet valgte at stoppe. Det var vidnets oplevelse, at flyet under finaldrejet (krængning ca. 30-35°) kortvarigt tabte opdrift over den venstre vinge for derefter og mere markant at tabe opdrift over den højre vinge ("han "bankede" ikke meget mere til højre, end han gjorde til venstre"). Flyet tabte flyvehøjde og forsvandt grundet terrænet ud af vidnets synsvidde. Flyet kom derefter i en oplevet meget lav flyvehøjde næsten henover vidnet.

Vidner på et køreteknisk anlæg ca. 1 nm nord for EKRRK observerede flyet flyve henover anlægget i en lav flyvehøjde med en vurderet høj flyvehastighed. Lydbilledet var en flymotor med høje motoromdrejninger.

Vidner hørte flyet ramme træer ved en nærliggende gokartbane.

Vidner på en gokartbane ca. 0,8 nm nord for EKRRK observerede flyet flyve hen mod og over gokartbanen i lav flyvehøjde. Lydbilledet var en flymotor med høje motoromdrejninger.

Vidner så og hørte flyet flyve igennem trætoppe tæt på en betonstøjvold, der omgav gokartbanen.

b. Videoptagelser

Overvågningskameraer på henholdsvis en bygning ved det køretekniske anlæg og på en bygning ved gokartbanen optog dele af hændelsesforløbet.

Videoptagelsen fra det køretekniske anlæg var uden lyd. Videoptagelsen viste, at flyet i en lav flyvehøjde og med vurderet høj -hastighed var under nedgang. Flyveretningen var fra nord mod syd, og flyets flaps var i indfældet position. [Se bilag 3](#).

Videoptagelsen fra gokartbanen indeholdt også lyd. Videoptagelsen viste, at flyet i en lav flyvehøjde og med en vurderet høj -hastighed var under opretning fra nedgang til vandret ligeud flyvning. Flyet fløj igennem trætoppe tæt på en betonstøjvold i den nordlige ende af gokartbanen. [Se bilag 4](#).

Flyveretningen var fra nord mod syd, og lydbilledet var en flymotor med høje motoromdrejninger.

c. Radardata*Generelt*

Havarikommissionen indhentede radardata fra flyvekontrolltjenesten. De indhentede radardata var af god kvalitet og brugbare for sikkerhedsundersøgelsen.

Tre uafhængige radarkilder optog radardata:

- Kastrup radar (R01).

- Roskilde radar (R08).
- Wide Area Multilateration (WAM) for København (EKCH).

Et radarsoftwareprogram (ARTAS) behandlede radardata fra de uafhængige radarkilder. ARTAS øgede med algoritmer nøjagtigheden af radardata ved at korrigere for fejlkilder og præsenterede som det fjerde radardatasæt et multiradarbillede.

R01-, R08- og ARTAS-radardata indeholdt bl.a. flyets position, tidspunkt, flyvehøjde samt GS. Disse radardata blev optaget med en opløsning på 4 sekunder mellem hvert punkt. Flyvehøjder blev præsenteret i højdeintervaller på 100 ft (eksempelvis 100 ft, 200 ft, 300 ft, 400 ft etc.).

WAM radardata indeholdt bl.a. flyets position, tidspunkt og flyvehøjde. Radardata blev optaget med en gennemsnitlig opløsning på 2 sekunder mellem hvert punkt. Flyvehøjder blev præsenteret i højdeintervaller på 100 ft.

Ved at sammenholde de fire radardatasæt konstateredes det, at positionsdata for R08 (spor/track) var placeret ca. 60 m for langt mod nord under finaledrejet sammenholdt med de øvrige radardata. Ved flyets landing på bane 29 var sporet ca. 23 m for nordligt.

Flyvekontrolltjenesten bekræftede afvigelsen for R08.

Bortset fra ovenstående afvigelse for R08 vurderer Havarikommissionen, at de indhentede radardata var troværdige og samstemmende.

ARTAS-radarpræsentation af GS under indflyvningen – [se bilag 1](#).

Radarkilder og beregninger

Med baggrund i de fire tilgængelige radardatasæt og de enkelte radarkilders rå datasæt har Havarikommissionen for flyets finaledrej valgt at gengive udvalgte radardata og beregninger.

1. ARTAS – [se bilag 5](#).
2. R01 – [se bilag 6](#).
3. R08 – [se bilag 7](#).
4. WAM – [se bilag 8](#).

d. Teoretiske beregninger af flyvehastigheder

Ud fra tilgængelige ARTAS-radardata for flyets otte landingrunder til bane 21 og med baggrund i radarpræsenteret GS og tilgængelige højdevinde foretog Havarikommissionen en teoretisk beregning af flyets Indicated Air Speed (IAS) på medvindsbenet og i basedrejet.

Forudsætningerne for Havarikommissionens teoretiske beregning af IAS var:

- True Air Speed (TAS) var lig IAS.
- Vindforhold i 1000 ft: 330° 10 kt (medvindsben).
- Vindforhold i 500 ft: 330° 07 kt (base).
- Medvindsbenet blev opdelt i to.
- Medvindsben nr. et var fra flyets etablering på medvindsbenet til en position vinkelret ud fra tærsklen til bane 21.
- Medvindsben nr. to var fra en position vinkelret ud fra tærsklen til bane 21 og til flyets begyndende basedrej.
- Basedrejet var fra flyets begyndende basedrej til flyets afsluttende finaledrej.

- GS i tabellen er en gennemsnitlig radarpræsenteret GS i kt.
- IAS i tabellen er en beregnet IAS i kt med baggrund i den gennemsnitlige radarpræsenteret GS i kt, fastsatte kurser henover jorden samt angivne højdevinde.
- IAS i tabellen er beregnet horisontalt men er ikke korrigeret vertikalt.
- Gennemsnitlig magnetisk kurs på medvindsbenet blev fastsat til 030°.
- Gennemsnitlig magnetisk kurs i basedrejet blev fastsat til 300°.

Landingsrunder til bane 21.

Runde	Medvindsben nr. 1/nr. 2 (GS/GS)	Medvindsben nr. 1/nr. 2 (IAS/IAS)	Basedrej (GS)	Basedrej (IAS)
1.	98/84	103/89	76	82
2.	89/80	94/85	76	82
3.	103/86	108/91	84	90
4.	97/87	102/92	79	85
5.	100/78	105/83	78	84
6.	100/78	105/83	78	84
7.	101/84	106/89	81	87
8.	101/102	106/107	98	104

e. Præsentation af flyvehastighed

Flyets hastighedsmåler præsenterede flyvehastighed i miles per hour (mph) på hastighedsmålerens yderskala og i kt på hastighedsmålerens inderskala.

Flyveskolens SOP refererede til flyvehastighed i kt.

f. Konsultation hos flyfabrikanten

Med assistance fra NTSB konsulterede Havarikommissionen flyfabrikanten for at afklare, hvorvidt flyfabrikantens tekniske eller operative databaser for denne eller en lignende flytype indeholdt et lignende hændelsesforløb.

Dette var ikke tilfældet.

g. Kognitive stressmekanismer

Nedenstående er uddrag fra Flight Safety Foundation.

Startle

The startle reflex is a normal and universal human response to some unexpected/surprising stimulus. When a person appraises the stimulus as threatening, activation of the sympathetic nervous system triggers widespread and rapid changes in the body. This arousal, which is also associated with the acute stress reaction, is generally known as the *fight or flight response* and has been shown to have significant effects on cognitive and psychomotor processes.

Freezing

Freezing is an acute stress reaction that may be a conscious or subconscious method of dealing with an overwhelming stressor. One study defined it as “a stress coping mechanism

entailing a subconscious mechanism for stress relief, or a conscious disbelief that the phenomenon is actually occurring.”

Freezing is generally a major breakdown in the normally integrated cognitive processes within the brain. Sometimes the people affected remain aware of what is going on around them, but are incapable of taking any participative behavioral and/or cognitive action.

h. Menneskelig præstationsevne og begrænsninger

Afsnittet er udarbejdet i et samarbejde med en flyvepsykologisk klinik.

Kognitive stressmekanismer

Ved stigende trusselsniveauer aktiverer mennesker kvalitativt forskellige defensive tilstande, herunder frys- og aktive kamp- eller flugtreaktioner.

Hvor frys er en form for adfærdshæmning ledsaget af parasympatisk domineret pulsdeceleration, er kamp- eller flugt-reaktioner forbundet med sympatisk drevet pulsacceleration.

Frys-reaktionen ses ofte ved menneskelig stresshåndtering, og dens fænomenologi og neurobiologiske grundlag er kompleks. Undersøgelser har vist, at frys afhænger af amygdala-projektioner til hjernestammen.

Derudover er et fleksibelt skift mellem frysende og aktive defensive tilstande afgørende for tilstrækkelig stresshåndtering og er afhængige af amygdala-forbindelser.

Seneste forskning viser modeller, der beskriver disse neurale mekanismer involveret i frys og skiftet til kamp- eller flugt-handling. Frys er ikke alene en passiv tilstand, men derimod en parasympatisk bremse på det motoriske system relevant for perception og handlingsforberedelse.

Det er ligeledes i denne bremsetilstand, at der kan ske hukommelsestab og en kognitiv afkobling mellem tanke og handling, der potentielt kan udløse passivitet, forvirring, irrationalitet etc.

”Startle” (forskrækkelse) er derimod en hurtig reaktion på pludselige, intense stimuli og beskytter sandsynligvis organismen mod skade fra et rovdyr eller ved et slag.

Forskrækkelsesresponsen hos mennesker og dyr har en baseline, der ikke er nul. Det vil sige, at responsstørrelsen kan øges eller mindskes af en række patologiske tilstande og eksperimentelle manipulationer.

Hukommelsesfunktion

Når en person har været udsat noget traumatisk, såsom en bilulykke eller en flyulykke, husker personen ofte ikke dele af hændelsesforløbet.

Hvor meget personen end måtte ønske at genkalde det, der skete, arbejder personens hjerne ikke på at skabe minder. Hjernen arbejder på overlevelse.

Normalbilledet er, at den traumatiserede person ikke husker belastningsmomentet eller lige efter, fordi hjernen er fanget af selve begivenheden.

I de særlige belastningsmomenter, aktiveres det autonome nervesystem med kamp-flugt-frys-responsen, og det hjælper ofte personen med at tænke klart nok til at udtænke en løsning, finde en flugtvej eller at forblive passiv, dog på bekostning af processer såsom hukommelsesfremstilling.

Når en person bliver påvirket af en tilstrækkelig høj stressbelastning, så vil kroppen reagere ved at udskille stresshormoner i blodet, og her kan der ske en interferens mellem personens evne til at kode hukommelse og evnen til at hente information. En stor mængde forskning har vist, at akut stress kan have en kritisk indvirkning på hukommelsen, og at stress forstyrrer nogle episodiske hukommelsesprocesser, og at virkningerne af stress moduleres af en række kritiske faktorer.

Der er endvidere evidens for, at den høje sekretion af stresshormoner forringer hukommelsen og kan forårsage akutte og kroniske forandringer i visse hjerneområder. Stresshormoner, der er særligt ansvarlige for negativt at påvirke genkaldeshukommelsen er kortisol, noradrenalin og adrenalin. Kortisol, som er en kendt biomarkør for stress, både letter og hæmmer stresshandlingerne i hjernens hukommelse.

Under normale omstændigheder regulerer hippocampus (hukommelsescenteret) produktionen af kortisol gennem negativ feedback, fordi den har mange receptorer, der er følsomme over for disse stresshormoner. Imidlertid kan en stor mængde af kortisol svække hippocampus evne til både at kode og genkalde minder. Desuden vil en stor mængde af stresshormonet noradrenalin ødelægge hjernens evne til at lagre minder. En stor mængde af adrenalin vil have en tendens til at blokere ikke-relevant information, hvilket hjælper en person til kun at fokusere på de ting, personen behøver at vide for at overleve. Derfor husker traumeofre ofte ikke de vigtigste detaljer, som de oplevede under belastningsperioden.

Forskningen viser endvidere, at en høj stressbelastning kan påvirke både hjernens kognitive funktion og mange hukommelsesfunktioner, og at et højt stressniveau kan blive aktiveret gennem indre- og/eller ydrestyrende faktorer. Det indre stressniveau udløses af en kognitiv udfordring, mens det ydre kan udløses af en tilstand, der ikke er relateret til en kognitiv opgave.

Muskelhukommelse

Muskelhukommelse (muscle memory) er en form for proceduremæssig hukommelse, der involverer konsolidering af en specifik motorisk opgave til hukommelse gennem gentagelse.

Denne form for indlæring kaldes motorisk læring og er i særdeleshed kendt som "tørtræning" inden for proceduretræning i et cockpit.

Når en bevægelse gentages over tid, skaber hjernen en langsigtet muskelhukommelse for en specifik opgave, hvilket til sidst gør det muligt at udføre den med ringe eller ingen bevidst indsats.

Denne proces mindsker behovet for opmærksomhed og skaber maksimal effektivitet i motor- og hukommelsessystemerne. Muskelhukommelsen er særdeles vigtig i et cockpit, fordi denne indsats frigiver opmærksomhed til øvrige komplekse opgaver i cockpittet. Gennem motorisk læring bevæger vi vores hænder, mens vi kognitivt gentager proceduren. Vi får herigennem et subtilt resultat, der lagres som muskelhukommelse. Modsatrettet, hvis man udelukkende arbejder kognitivt med "memory items", udenadslære uden bevægelse, så vil det ikke lagres som muskelhukommelse, og der vil her være en risiko for obstruerende træning.

En ekstremt isoleret kognitiv træning, kan bevirke, at man ved en meget høj belastningsgrad, udelukkende vil blive fanget i sine kognitive "memory items". Mennesket vil i denne situation intellektuelt vide, hvad der skal ske og have en fornemmelse af, at

proceduren er udført. I sådan en situation, vil proceduren kognitivt have været repræsenteret, men da muskelhukommelsen ikke er blevet trænet tilstrækkeligt, vil handlingen ikke blive udført.

Nøglen, til at træne disse muskler og få dem til at passe til en situation, er at erkende og tørtræne præcis, hvad det er, som netop det pågældende fly og denne særlige situation kræver. Vigtigt er, at denne træning aldrig må foregå som en isoleret kognitiv udenadslære, fordi denne type af træning kan medføre en indre overrepræsentation og forvrænget virkelighedsopfattelse ved en høj stressbelastning.

Stressbelastning og præstationsevne

Hvornår et menneske rammes af en hæmmende stressbelastning, er som oftest uforudsigeligt og komplekst. Derfor er procedurer og optimal træning essentielt for flyvesikkerheden.

Gennem psykologisk testning kan man få et indblik og vurdere aspekter af personlighed og kognitive evner, der er relevante for flyvesikkerheden.

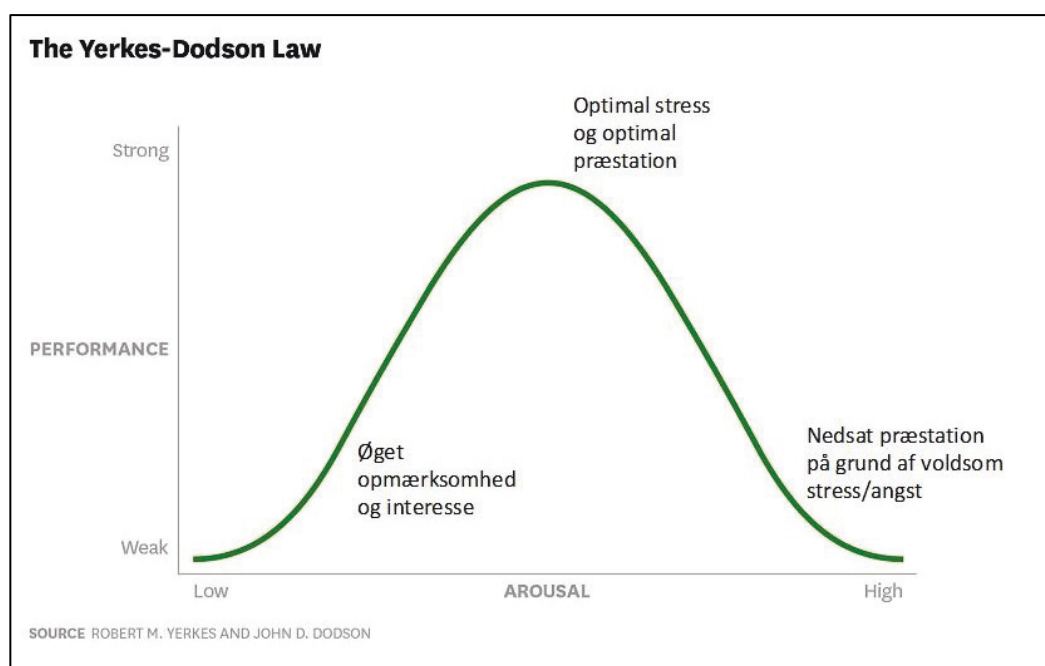
Her måles kriterier som stresstolerance, hukommelse, evnen til rumlig orientering, psykomotorisk koordination samt personlighedsaspekter, såsom følelsesmæssig stabilitet.

Ved vurdering af stresstolerance måles både indre og ydre faktorer.

De indre faktorer er generelt forbundet til personlighedsstrukturen, og ydre faktorer er relateret til de udefrakommende omstændigheder.

Med udgangspunkt i Yerkes-Dodson-loven er der et empirisk forhold mellem pres og præstationsevne.

Loven dikterer, at præstationsevnen øges med forøget stress, men kun op til et vist punkt. Når niveauet af stress bliver for højt, falder præstationsevnen, der, baseret på opgavens kompleksitet og fortrolighed med opgaven, dog kan variere.



Figur 4. Yerkes-Dodson Law præsentation af forholdet mellem pres og præstationsevne.

i. Vurdering af flyveelever

Generelt

Flyveskolen afholdt før hver uddannelsesstart en optagelsesprøve for kommende flyveelever.

Formålet med optagelsesprøven var at sikre de tilstrækkelige faglige og menneskelige grundkompetencer for ikke blot at gennemføre en pilotuddannelse men også for at opnå de nødvendige kvalifikationer til at kunne søge, erhverve og fastholde et fremtidigt arbejde som kommerciel pilot.

Optagelsesprøven var opdelt i fire faser:

1. Skriftlige prøver i matematik og engelsk.
2. En samarbejdsøvelse (prioriteter, organisation og roller).
3. Simulatorflyvning (modtage og forstå instruktioner, arbejde under stressbelastning og progression).
4. Interview (gennemgang af resultater, forventningsafstemning samt afklaring af de kommende flyveelevers egen motivation).

Løbende under uddannelsen evalueredes flyveelevernes både teoretiske og praktiske færdigheder.

Færdigheder under standard medførte korrektioner i form af ekstra teoretisk og/eller praktisk træning samt afklarende uddannelsessamtaler.

Fortsatte færdigheder under standard kunne efter gensidig forståelse lede til et uddannelsesstop.

Elevvurderinger

Flyveskolen oplyste, at flyveelevens løbende elevvurderinger (teoretiske og praktiske færdigheder) ikke afveg fra normalbilledet for flyveelever på det samme uddannelsesstrin.

Tekniske sikkerhedsundersøgelser

a. Primære og sekundære styreflader

En præliminær inspektion, umiddelbart efter flyets landing, af primære (krænge-, side- og højderor) og sekundære (flapsystemet) styreflader gav ikke anledning til bemærkninger.

Havarikommissionen valgte derefter at foretage en dybdegående inspektion af primære og sekundære styreflader.

Den dybdegående inspektion gav ikke anledning til bemærkninger.

b. Flyets pitot-statiske system

En inspektion og funktionstest af flyets pitot-statiske system gav ikke anledning til bemærkninger.

c. Flyets hastighedsmåler og højdemålere.

En inspektion og funktionstest af flyets hastighedsmåler lå inden for de fastsatte tolerancer.

En inspektion og funktionstest af den i cockpittet øverste højdemåler lå inden for de fastsatte tolerancer.

Den i cockpittet nederste højdemåler var defekt.

Begge højdemålere var indstillet til det barometriske referencetryk 1016.

Flyets advarselsystem for stall.

En præliminær og en efterfølgende inspektion og funktionstest af flyets advarselsystem for stall gav ikke anledning til bemærkninger.

ANALYSE

Generelt

Flyveelevens helbredsstatus skønnes ikke at have haft indflydelse på hændelsesforløbet.

Flyets tekniske tilstand samt flyets masse og balance skønnes ikke at have haft indflydelse på hændelsesforløbet.

De aktuelle vejrforhold skønnes ikke at have haft indflydelse på hændelsesforløbet.

De tilgængelige radardata vurderes at være troværdige og samstemmende.

Slutindflyvning til bane 21

Ved at sammenholde de ARTAS-radarpræsenterede flyvehastigheder for de forudgående syv landingsrunder med den ottende landingsrunde, afveg den ottende landingsrunde markant fra flyveskolens SOP. Dette forhold vurderes at have haft direkte indflydelse på hændelsesforløbet.

Sandsynlighed for abrupte manøvrer under finaledrejet

En af de få objektive datakilder til rådighed for sikkerhedsundersøgelsen var radardata. Radardataene indeholdt i sin fremstilling, grundet den lave opløsning, analysebegrænsninger.

Havarikommissionens vurdering af spørgsmålet om potentielle abrupte manøvrer, herunder et stall ved enten en lav eller en høj flyvehastighed under flyets drej ind på finalen til bane 21, er derfor baseret på sandsynlighed.

Ved at sammenholde data fra de enkelte radardatakilder, hvor tiden for de enkelte radaropdateringer på henholdsvis 2 og 4 sekunder bl.a. præsenteredes forskudt, så Havarikommissionen ingen markante ændringer til flyets kurs og/eller flyvehastighed under selve finaledrejet.

Ved ligeledes at sammenholde data fra de enkelte radardatakilder mindskedes den relative flyvehøjde kontinuerligt (under basedrejet) og markant efter tab af kontrol over flyet (under finaledrejet og indtil den begyndende opretning). Ingen af de enkelte radardatakilder præsenterede, før selve opretningen af flyet, signifikante ændringer til den vertikale hastighed.

Med baggrund i de radarpræsenterede flyvehastigheder under finaledrejet og de i flyvehåndbogen angivne stallhastigheder finder Havarikommissionen det meget sandsynligt, at flyet under finaledrejet ikke var udsat for et stall ved en lav flyvehastighed.

Manøvrer under finaledrejet i form af eksempelvis pludseligt abrupt krængning og/eller abrupte rorudslag ville med en vis grad af sandsynlighed have medført signifikante og registrerbare ændringer til mindst en af radarkildernes tidsforskudte radaropdateringer. Dette var ikke tilfældet.

Havarikommissionen finder det således sandsynligt, at flyet under finaledrejet ikke var udsat for et stall ved en høj flyvehastighed.

Menneskelig præstationsevne og begrænsninger

Afsnittet er udarbejdet i et samarbejde med en flyvepsykologisk klinik.

Hukommelsestab

Det var flyveelevens opfattelse og oplevelse, at slutindflyvningen til bane 21 var i overensstemmelse med flyveskolens SOP.

Med baggrund i tilgængelige radardata stemte flyveelevens virkelighedsopfattelse dog ikke overens med de faktiske forhold.

Med udgangspunkt i de psykologiske mekanismer, som gør sig gældende ved akut stress, kan flyveeleven under hændelsesforløbet have været udsat for så stor en belastningsgrad, at det efterfølgende ikke var muligt at genkalde hele hændelsesforløbet.

Hvor meget flyveeleven end måtte ønske at genkalde det skete, var det ikke muligt, hvilket indikerede en overlevelsestilstand, hvor det autonome nervesystem reagerede.

For efterfølgende at skabe en mening med hændelsesforløbet erstattede flyveeleven ubevidst den faktiske virkelighed med en opfattet virkelighed.

Stressbelastning under slutindflyvningen

Følgende stressfaktorer i kombination skønnes at have øget stressniveauet ud over flyveelevens stresstherskel:

- Lav flyveerfaring under eneflyvning.
- Syv forudgående landingsrunder kan have akkumuleret en vis træthed og deraf afledt reduceret præstationsevne.
- Radiokommunikation om ændringer til landingsrunden.
- Instruktion om at afkorte landingsrunden og dreje base til bane 21. Mønstret for landingsrunden ændredes for flyveeleven fra standard til non-standard.
- Afvigelser (flyvehastighed og flyets konfiguration) fra flyveskolens SOP. Med baggrund i tilgængelige radardata og flyets skader finder Havarikommissionen det meget sandsynligt, at flyveeleven ikke reducerede flyvehastigheden og ikke konfigurerede flyet til slutindflyvningen.
- En divergens mellem de SOP præsenterede flyvehastigheder i kt og flyets flyvehastighed præsenteret i mph (fartmålerens yderskala) kan under stress have påvirket flyveelevens samlede situationsbillede.
- Overskydning af finalen til bane 21.
- Anmodning fra tårnflyvelederen om at forklare årsagen til ønsket om at afbryde slutindflyvningen.

Lav flyveerfaring under eneflyvning i kombination med et akkumulerende stressniveau ud over flyveelevens stresstherskel vurderes at have afledt et signifikant fald i flyveelevens præstationsevne.

Flyveeleven reagerede sandsynligvis med en frys-respons, hvor flyveeleven over en tidsperiode var kognitiv passiv og handlede irrationelt.

Kognitiv passivitet og irrationalitet medførte tab af kontrol over flyet og efterfølgende kollision med trætoppe.

Havarikommissionen skønner, at overgangen fra en frys-situation til en aktiv handling i form af opretning af flyet sandsynligvis blev fremskyndet og forstærket af

tårnflyvelederens kald med forhøjet stemmeleje: ”OOZ - har I styr på det der?”. Det efterfølgende hændelsesforløb var dog forsat præget af et højt stressniveau.

Udskilning af en stor mængde stresshormoner under hændelsesforløbet forringede sandsynligvis flyveelevens hukommelse og påvirkede ligeledes genkaldelseshukommelsen.

Desuden kunne en stor mængde af adrenalin have bidraget til at blokere for det, som flyveeleven instinktivt vurderede til at være ikke-relevant information og i stedet bidrage til et øget fokus på ”memory items”, da disse procedurer var klassificeret og memoreret til at være den vigtigste viden for at overleve.

Der opstod således en divergens mellem den af Havarikommissionen vurderede konfiguration af flyet under slutindflyvning og opretning (flaps i flapposition 0°) og flyveelevens opfattelse (flyet konfigureret til slutindflyvning samt udført procedure for afbrudt slutindflyvning). Denne divergens kan forklares som handlinger forsøgt udført under en høj stressbelastning, men med en utilstrækkeligt trænet muskelhukommelse.

Flyveeleven var under hændelsesforløbet overbevist om faktisk at have udført procedurerne jf. flyveskolens SOP, men det skønnes, at flyveeleven under hændelsesforløbet primært arbejdede kognitivt med ”memory items” (udenadslære uden bevægelse), hvilket ledte til en afkobling mellem tanke og handling. Afkoblingen mellem tanke og handling blev således obstruerende i selve belastningssituationen.

Vurdering af flyveelever

Flyveskolen havde et system til indledende samt opfølgende vurdering af flyveelever.

Flyveelevens løbende elevvurderinger (teoretiske og praktiske færdigheder) afveg ikke fra normalbilledet for flyveelever på det samme uddannelsestrin.

Med baggrund i en holistisk tilgang til sikkerhedsundersøgelser er det derfor Havarikommissionens vurdering, at den underliggende årsag til hændelsesforløbet ikke var systemetisk.

Hændelsesforløbet afspejler, efter Havarikommissionens opfattelse, dog også vanskeligheden ved gennem indledende og løbende elevvurderinger at forebygge ethvert tænkeligt scenarie og afledte handle- og reaktionsmønstre hos flyveelever.

KONKLUSIONER

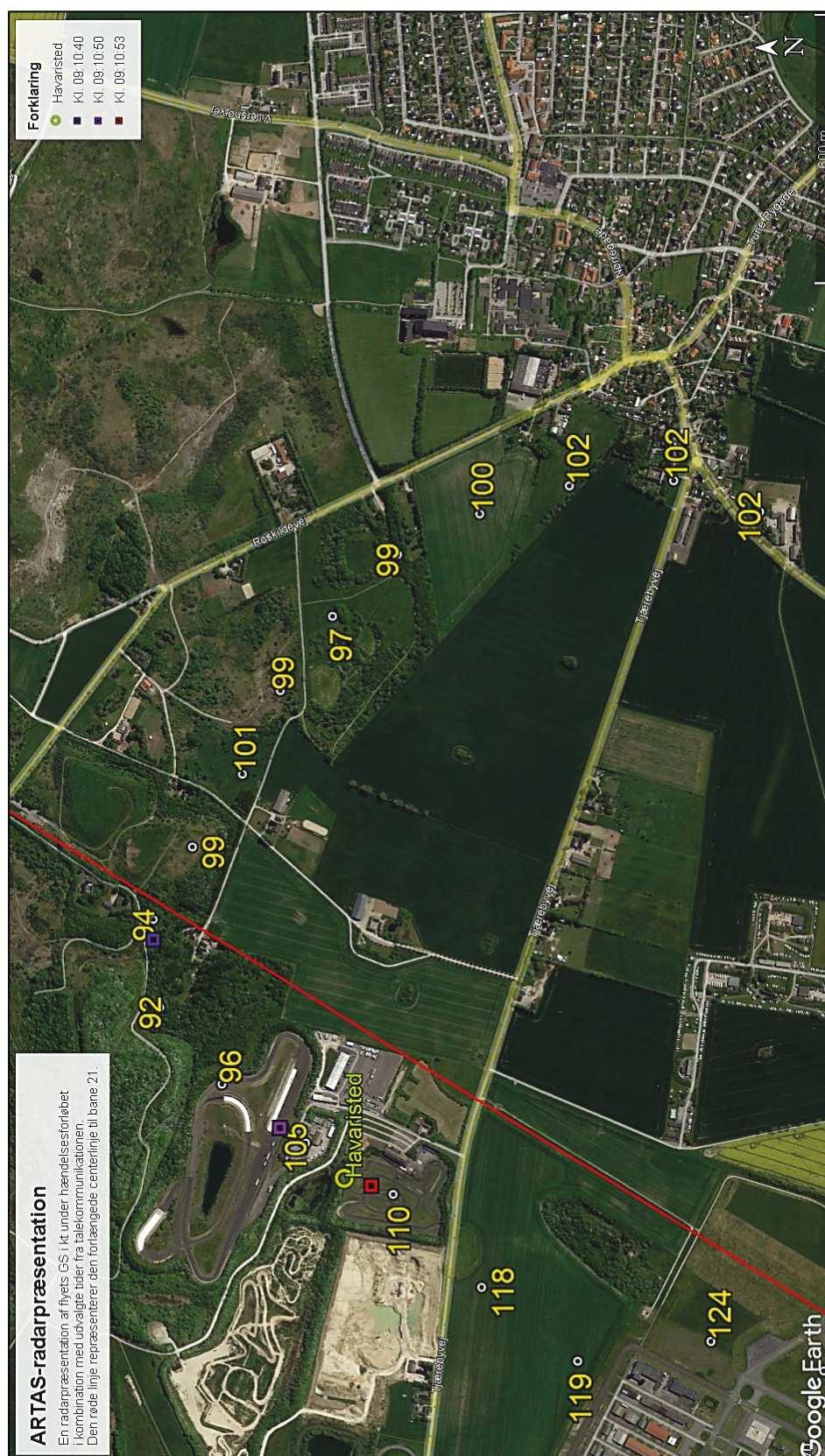
Sammenfatning

Lav flyveerfaring under eneflyvning i kombination med et akkumulerende stressniveau ud over flyveelevens stresstærskel vurderes at have afledt et signifikant fald i flyveelevens præstationsevne.

Flyveeleven reagerede sandsynligvis med en frys-respons, hvor flyveeleven over en tidsperiode var kognitiv passiv og handlede irrationelt.

Kognitiv passivitet og irrationalitet medførte tab af kontrol over flyet og efterfølgende kollision med trætoppe.

BILAG 1

[Retur til flyvningens forløb](#)[Retur til operationelle sikkerhedsundersøgelser](#)

BILAG 2[Retur til flyveskolens SOP](#)**2.22.1 NORMAL LANDING**

Perform approach checklist approximately 10 NM before entering the control zone (traffic information zone or landing circuit).

Before entering the circuit reduce the power to approximately 2300 RPM and 90 KIAS.

Downwind is normally flown at 1000 ft AGL.

When passing abeam the threshold set carburettor heat ON, 1700 RPM, flaps 10°, speed 80 KIAS. and commence descent.

Remember wind correction throughout the approach to fly a rectangular pattern.

Remember to check for traffic on final, select flaps 25°, speed 75 KIAS.

Final turn must be finished not later than 500 ft AGL.

Select flaps 40°, speed 70 KIAS.

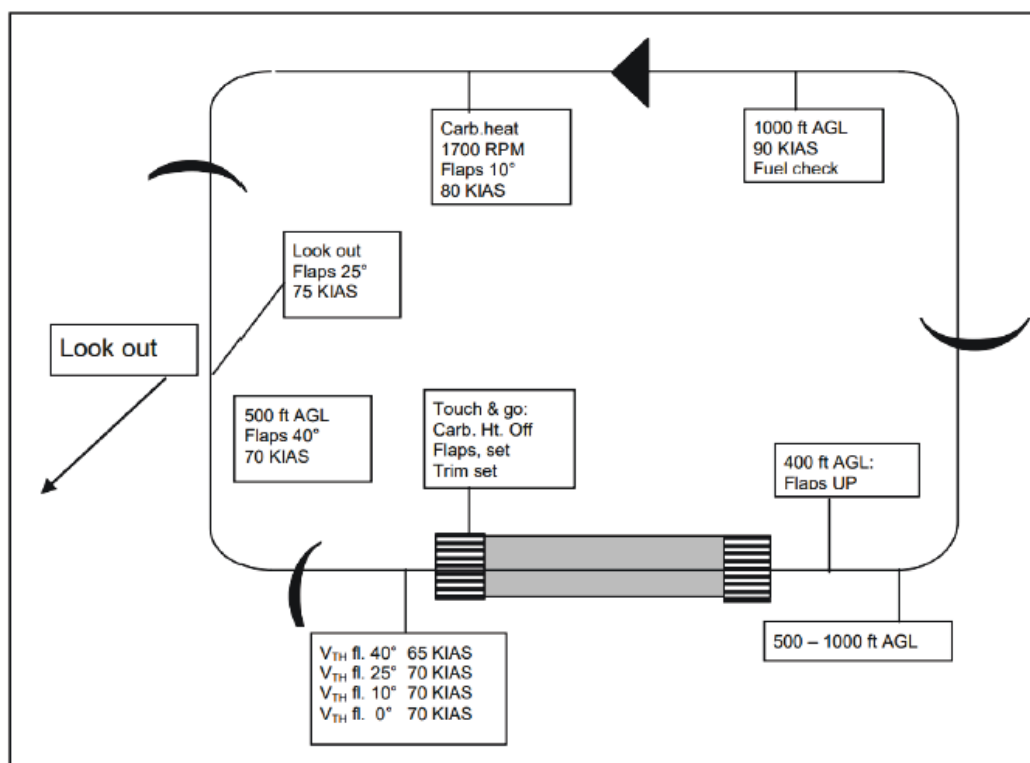
Check carburettor heat OFF and mixture RICH immediately after selecting full flaps.

Call out: "Final check: Carburettor heat OFF, mixture RICH"

On short final start bleeding off the speed to pass the threshold with 65 KIAS.

If the wind is gusty, add ½ of difference between mean wind value and gust value. Maximum addition: 10 kt.

Always land on the runway centerline – keep controlling the aircraft positively



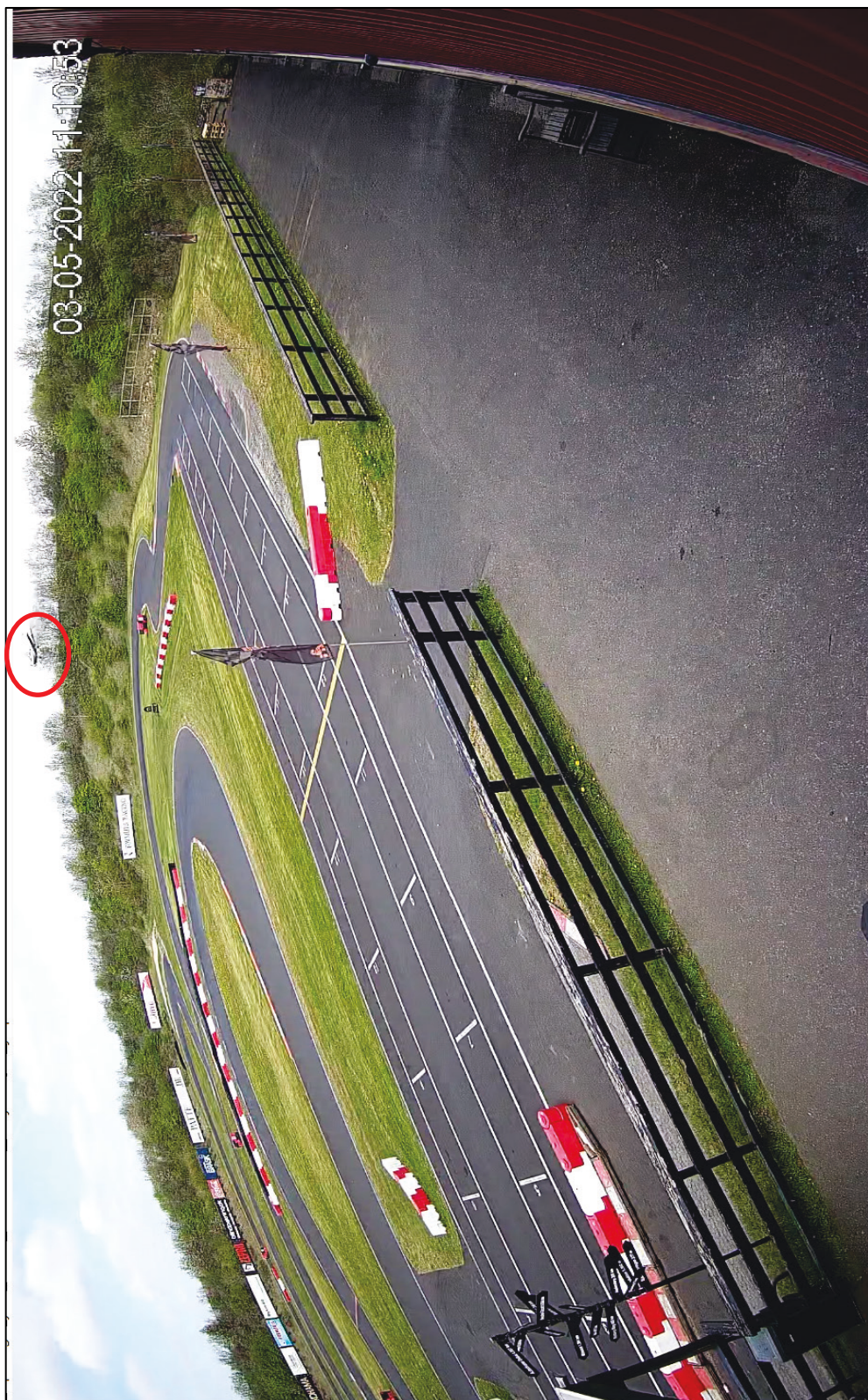
BILAG 3

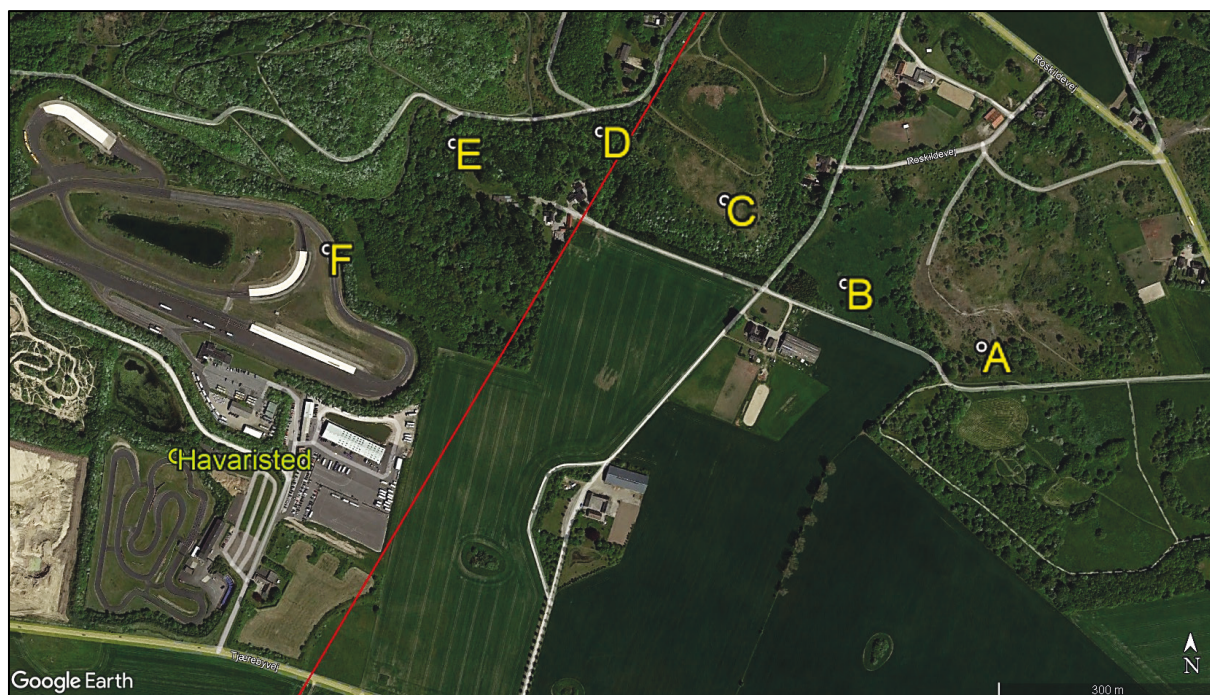
[Retur til operationelle sikkerhedsundersøgelser](#)



BILAG 4

[Retur til operationelle sikkerhedsundersøgelser](#)



BILAG 5[Retur til operationelle sikkerhedsundersøgelser](#)

Punkt	Tidspunkt	Højde (ft)	GS (kt)	Beregnet IAS (kt) (vind 330°/7kt)	Udmålt gennemsnitlig kurs (True Track)	Beregnet gennemsnitlig krængning (°)
A	09:10:27	675	100	106	300	<15
B	09:10:31	575	101	107	299	<15
C	09:10:35	550	99	105	302	<15
D	09:10:39	525	94	98	282	31
E	09:10:43	475	92	92	247	32
F	09:10:47	375	96	93	222	18

Note.

Den røde linje repræsenterer den forlængede centerlinje til bane 21.

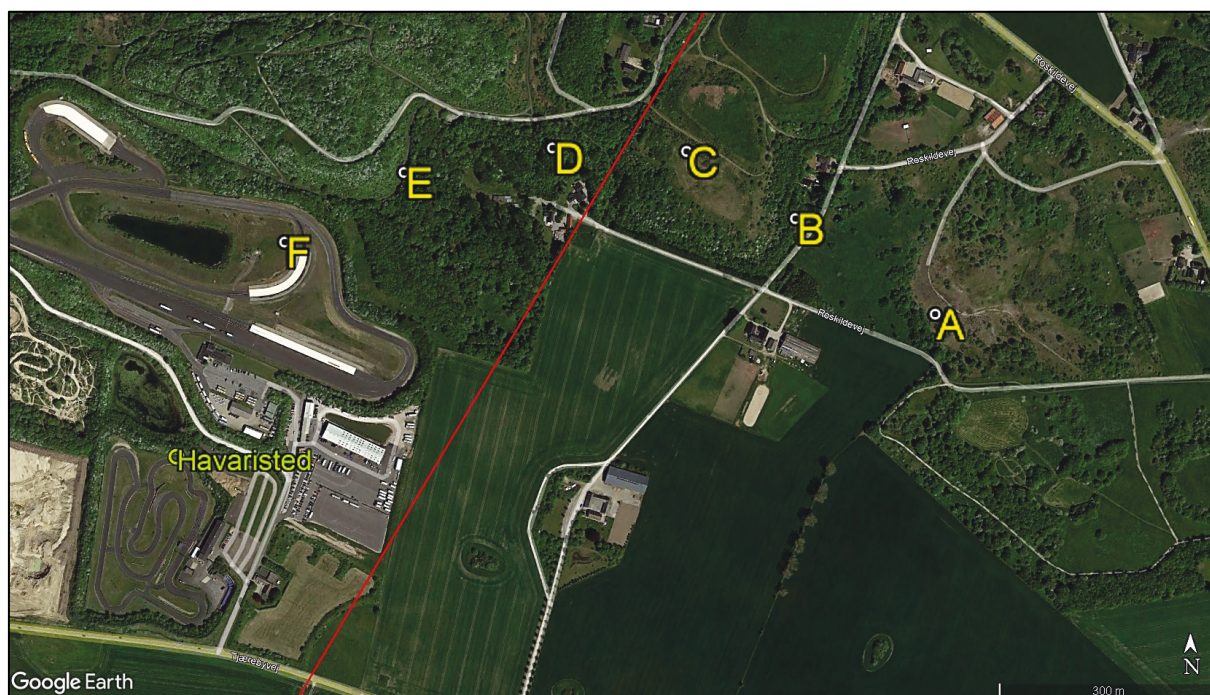
Ovenstående flyvehøjder i tabellen repræsenterer flyvehøjder i forhold til havets overflade (mean sea level (msl)).

Rå ARTAS-radardata indeholdt ud over højdeintervaller på 100 ft ligeledes flyvehøjder i højdeintervaller på 25 ft, hvilket er gengivet i ovenstående tabel.

Ovenstående Indicated Air Speed (IAS) er beregnet horisontalt og er ikke korrigeret vertikalt.

Brug af et softwareprogram til udmåling af drejeradier dannede grundlag for beregnet gennemsnitlig krængning.

Variationen for EKRK blev fastsat til 4° øst (jf. Aeronautical Information Publications (AIP) Denmark)).

BILAG 6[Retur til operationelle sikkerhedsundersøgelser](#)

Bilag 6

Punkt	Tidspunkt	Højde (ft)	GS (kt)	Beregnet IAS (kt) (vind 330°/7kt)	Udmålt gennemsnitlig kurs (True Track)	Beregnet gennemsnitlig krængning (°)
A	09:10:29	600	97	104	305	<15
B	09:10:33	600	108	114	303	<15
C	09:10:37	600	100	105	286	39
D	09:10:41	500	93	97	266	<15
E	09:10:45	400	114	116	251	33
F	09:10:48	400	110	109	227	<15

Note.

Den røde linje repræsenterer den forlængede centerlinje til bane 21.

R01 radarpræsenterede flyvehøjder i højdeintervaller på 100 ft.

Ovenstående flyvehøjder i tabellen repræsenterer flyvehøjder i forhold til msl.

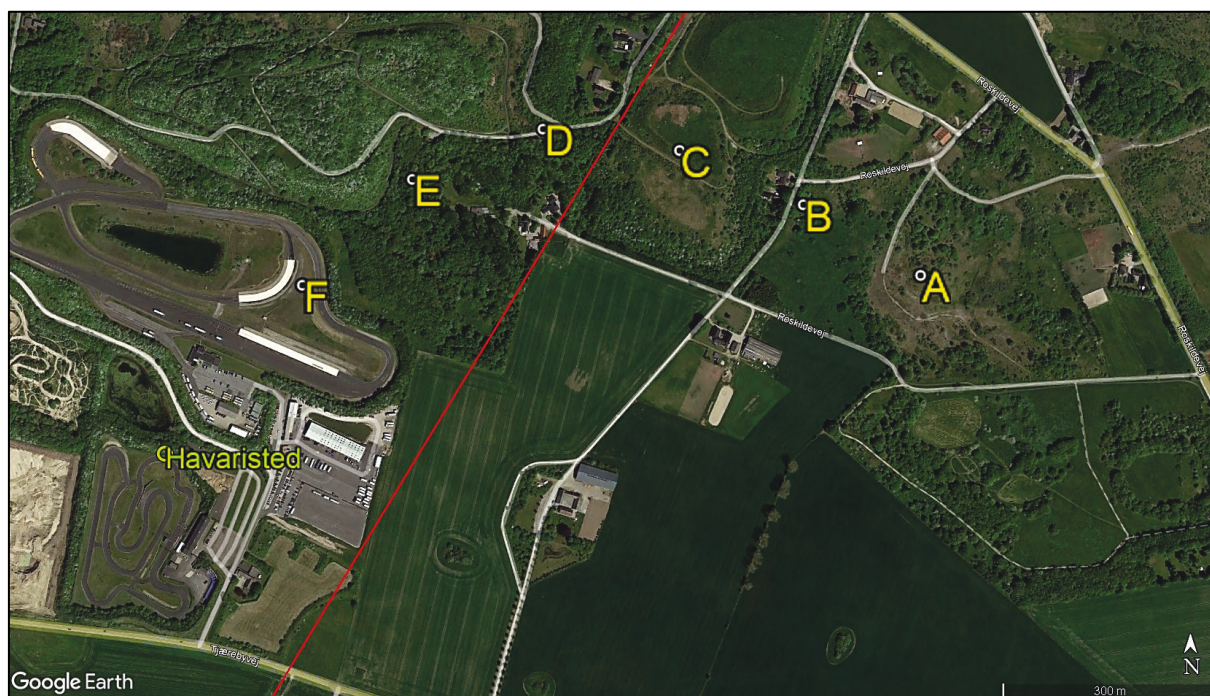
Ovenstående IAS er beregnet horisontalt og er ikke korregeret vertikalt.

Brug af et softwareprogram til udmåling af drejeradier dannede grundlag for beregnet gennemsnitlig krængning.

Variationen for EKRK blev fastsat til 4° øst (jf. AIP Denmark).

BILAG 7

[Retur til operationelle sikkerhedsundersøgelser](#)



Punkt	Tidspunkt	Højde (ft)	GS (kt)	Beregnet IAS (kt) (vind 330°/7kt)	Udmålt gennemsnitlig kurs (True Track)	Beregnet gennemsnitlig krængning (°)
A	09:10:30	600	100	106	302	<15
B	09:10:34	600	99	105	297	<15
C	09:10:38	500	95	100	287	18
D	09:10:42	500	97	99	264	35
E	09:10:46	400	98	97	236	27
F	09:10:50	300	102	99	219	<15

Note.

Den røde linje repræsenterer den forlængede centerlinje til bane 21.

R08 radarpræsenterede relative flyvehøjder i højdeintervaller på 100 ft.

Ovenstående flyvehøjder i tabellen repræsenterer flyvehøjder i forhold til msl.

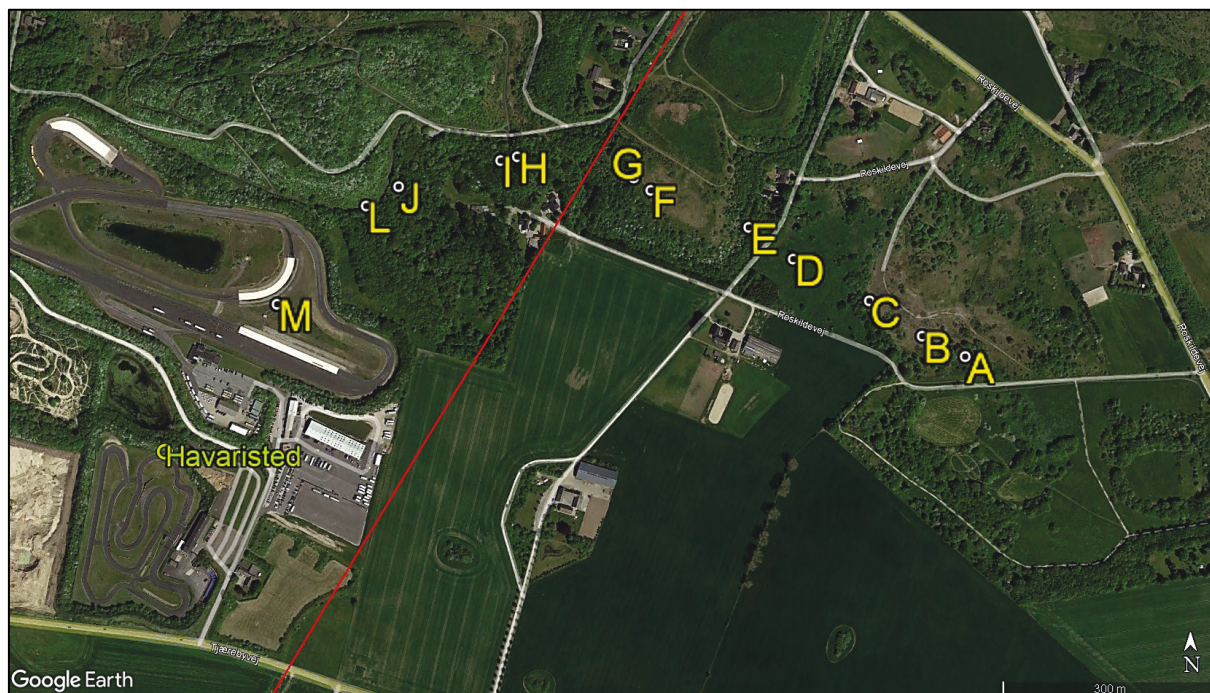
Ovenstående IAS er beregnet horisontalt og er ikke korrigeret vertikalt.

Brug af et softwareprogram til udmåling af drejeradier dannede grundlag for beregnet gennemsnitlig krængning.

Variationen for EKRK blev fastsat til 4° øst (jf. AIP Denmark).

BILAG 8

[Retur til operationelle sikkerhedsundersøgelser](#)



Punkt	Tidspunkt	Højde (ft)	Note.
A	09:10:27	600	Den røde linje repræsenterer den forlængede centerlinje til bane 21.
B	09:10:29	600	WAM optog flyvehøjder i højdeintervaller på 100 ft.
C	09:10:31	600	Flyvehøjder i tabellen repræsenterer flyvehøjder i forhold til msl.
D	09:10:33	600	
E	09:10:35	600	
F	09:10:37	600	
H	09:10:39	500	Flyvekontrolltjenesten oplyste Havarikommisionen, at WAM indhentede flyets position otte gange i sekundet, men optog positionen gennemsnitligt hvert andet sekund. Inden for de 2 sekunders interval, udvalgte WAM det punkt, som blev betragtet som mest validt til optagelsen. Dette gav en "springende" position i forhold til tid og umuliggjorde en beregning af GS.
I	09:10:41	500	
J	09:10:43	500	
K	09:10:45	400	
L	09:10:47	400	
M	09:10:49	300	