

RAPPORT

Postboks 213, 2001 Lillestrøm

Telefon: 63 89 63 00

Telefaks: 63 89 63 01

URL: <http://www.aaib-n.org>

SL RAP: 40/2004

Avgitt: 01. november 2004

Denne undersøkelsen har hatt et begrenset omfang. Av den grunn har HSLB valgt å benytte et forenklet rapportformat. Rapportformat i henhold til retningslinjene gitt i ICAO annex 13 benyttes bare når undersøkelsens omfang gjør dette påkrevd.

Alle tidsangivelser i denne rapport er lokal tid (UTC + 2 timer) hvis ikke annet er angitt.

Luftfartøy

-type og reg.: Airbus A321-232, OY-KBK

-fabr. år: 2001

-motorer: 2 stk. IAE V2530-A5

Radiokallesignal: SK 473

Operatør: Scandinavian Airlines

Dato og tidspunkt: Torsdag 4. september 2003, ca. kl. 1735

Hendelsessted: Oslo lufthavn Gardermoen (ENGM)

Type hendelse: Luftfartshendelse, for tidlig rotasjon ved avgang

Type flyging: Ervervsmessig ruteflyging

Værforhold: METAR ENGM 041520 UTC: 17004KT 120V220 9999
FEW045 SCT200 21/07 Q1022 NOSIG=

Lysforhold: Dagslys

Flygeforhold: VMC

Reiseplan: IFR

Antall om bord: 2 flygere, 4 kabinbesetningsmedlemmer og 165 passasjerer

Personskader: Ingen

Skader på luftfartøy: Ingen

Andre skader: Ingen

Flygebesetning: Fartøysjef

-kjønn/alder: Mann, 47 år

-sertifikat: ATPL-A (svensk)

-flygererfaring: Totalt 10 804 flytimer, hvorav
291 timer på A321

Styrmann

Mann, 42 år

ATPL-A (svensk)

Totalt 6 003 flytimer, hvorav
192 timer på A321

Informasjonskilder: Rapport fra fartøysjefen og selskapets egen undersøkelsesrapport
(IR03-04303), rapport fra Airbus Integration Test Centre og
HSLBs egne undersøkelser

FAKTISKE OPPLYSNINGER

Under forberedelsene før avgang med rute SK 473 fra Gardermoen (ENGM) til Kastrup (EKCH) 14. september 2003 konstaterte flygebesetningen i cockpit at datalinken som flyets ACARS¹ vanligvis kommuniserer på, ikke fungerte. De kunne dermed ikke kalkulere sine avgangsdata som

¹ AIRINC Communication Addressing and Reporting System

normalt, og tok radiokontakt med selskapets trafikkavviklingsavdeling (OSLND-T) på Gardermoen for å få assistanse. Flyet var av typen A321.

Vakthavende Flight Operation Officer på OSLND-T sa at han ikke var i stand til å bistå besetningen. Han forklarte dette med at den bærbare datamaskinen som var nødvendig for jobben var i ustand. Kapteinen anmodet da vedkommende om å ta kontakt med ”dispatch”-kontoret i København (CPHOW) for å få utført beregningene der. Kapteinen leste opplysninger om avgangsvekt, rullebane og aktuelt vær på radioen, slik at Flight Operation Officer kunne videreformidle dette til København. Avgangsvekten (Take-Off Weight, TOW) var 76,4 tonn.

Flight Operation Officer har forklart til HSLB at han noterte verdiene, men at han kun videreformidlet relevante opplysninger om bane i bruk, vind og QNH på telefon til CPHOW. Han begrunnet dette med at man i København faktisk hadde tilgang til alt unntatt bane i bruk via datasystemer. Ifølge hans forklaring var neste kontakt med CPHOW da han mottok en telefax med resultatet av de utførte beregningene.

Det er uoverensstemmelser mellom forklaringene fra de involverte når det gjelder hvilke verdier som ble utvekslet. Flight Operation Officer i Oslo hevder at det ved en feiltakelse må ha blitt lagt inn gal verdi i kalkulasjonene som ble gjort i København. Personen ved CPHOW som mottok telefonsamtalen har forklart at avgangsvekten fra Oslo ble oppgitt å være 60 tonn. Han har videre forklart at han tok telefonkontakt på ny før han utførte beregningene, siden han reagerte på at avgangsvekten var lav. Ifølge personen ved CPHOW fastholdt imidlertid Flight Operation Officer i Oslo at 60 tonn var korrekt, og kalkulasjonene ble da basert på 60 tonn. Resultatet av ”Take-off Data Calculations” ble fakset til Oslo-kontoret noen minutter senere.

Flight Operation Officer kalte opp besetningen på SK 473 på radioen og leste opp verdiene på telefaksen fra CPHOW. Besetningen har forklart at begge tok notater mens de lyttet til radiomeldingen. Kapteinen leste alle verdiene tilbake og fikk bekreftet at de var korrekt oppfattet. Styrmannen overhørte også denne kommunikasjonen. De reflekterte over at V_1 var lav, men slo seg til ro med at verdiene var korrekte siden tilbakelesingen var bekreftet. Styrmannen lastet inn hastighetene V_1 , V_R og V_2 samt Flex² i FMGC (Flight Management Guidance Envelope Computer). FMGC på A321 foreslår ikke standardverdier for hastighetene basert på den avgangsvekt som er lagt inn i systemet slik for eksempel Flight Management Computer (FMC) på SAS’ fly av typen Boeing 737 gjør.

Tabellen under viser verdiene basert på den feilaktige TOW 60 tonn og verdiene for aktuell TOW, 76,4 tonn.

	TOW = 60,0 tonn	TOW = 76,4 tonn	Differanse
Take-off decision speed, V_1	118 kt	151 kt	33 kt
Rotation speed, V_R	127 kt	156 kt	29 kt
Initial climb out speed, V_2	131 kt	159 kt	28 kt

Flex 50 var den egentlige maksimalt tillatte reduksjon av motorytelse ved 76,4 tonn, mens Flex 56, som var maksimal reduksjon ved 60 tonn, ble benyttet.

² Redusert take-off thrust som kan benyttes for å spare motorene når avgangsvekten er lavere enn den maksimale under de rådende forhold

Styrmannen førte flyet under avgangen. Han bemerket at flyets respons ved rotasjonen var treg. ("sloppy"). Straks de var i lufta kunne de se at den valgte hastigheten for V_2 (Magenta speed bug) var lavere enn den skulle være, siden den lå innenfor det røde området på "speed tape". (se fig. 1).

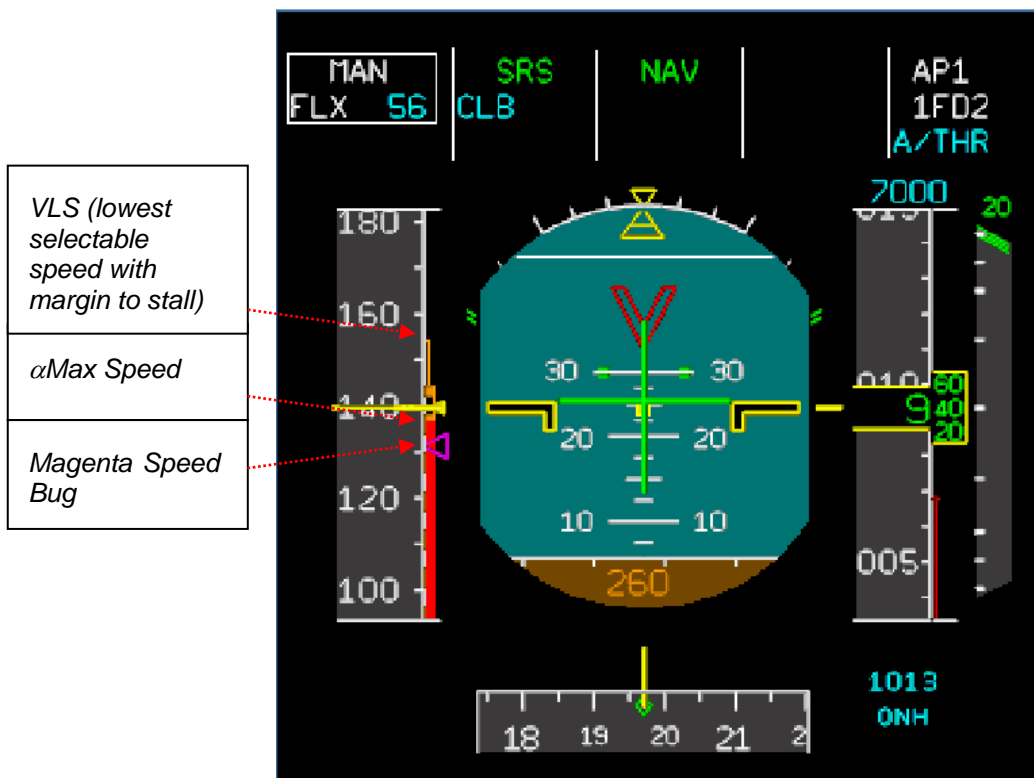


Fig. 1 Illustrasjonsbilde fra Flight Management Guidance Envelope Computer, FMGC

Besetningen valgte å akselerere til 250 kt. Utkltringen fra Gardermoen fortsatte uten problemer eller unormale indikasjoner av noe slag. Besetningen slo seg imidlertid ikke til ro med det inntrufne og startet egne undersøkelser etter at de landet i København. Det ble da avdekket at avgangskalkulasjonene var basert på 60 tonn avgangsvekt, uten at det ble avklart nøyaktig hvor eller hvordan feilen hadde oppstått.

Kapteinen skrev blant annet følgende i sin rapport:

"... to me it is a mystery that I as a commander being responsible for the safety of the A/C do not have a possibility to onboard the A/C make check of T/O calculations, ref. the "old" Gross Weight Charts in case this happens again."

I selskapets generelle, ikke typespesifikke dokumentasjon (Operations Manual (OM) pkt. 2.4.1.2), står det følgende:

"The actual T/O weight shall always be checked against a valid max T/O weight calculation, normally made by ACARS TODC or handheld computer. As an alternate means, Gross Weight Charts (GWC) may be used."

Følgende sitat er hentet fra selskapets dokumentasjon angående Take-off data calculation A321 (Flight Crew Operations Manual (FCOM) pkt. 2.02.90):

"On SAS Airbus aircraft, all takeoff data calculations are performed by using a takeoff data computer program (TODC). In order to calculate optimum takeoff weights and speeds and due to the complexity involved in performing a manual calculation, no GWC is provided. The software program is designed to give maximum takeoff weight for different conditions and maximum thrust reduction for a given actual takeoff weight. All calculations are based on JAA regulations."

Dokumentasjonen som medbringes om bord i SAS' A321 inneholder såkalte "Quick Reference" - tabeller for takeoff (FCOM 2.02.40), men det er ikke lagt opp til at disse skal benyttes for manuell beregning av take-off data. Like etter denne hendelsen utstedte selskapet følgende kunngjøring til sine flygere:

*"TAKEOFF DATA CALCULATION:
IF ACARS TODC IS U/S, USE LAPTOP IF ON BOARD OR REQUEST CALCULATION FROM CPHOW. ALWAYS HAVE CPHOW READ BACK THE INPUT AS WELL AS THE OUTPUT FOR COMPARISON OF ACTUAL DATA. ON DRY RUNWAY, ALSO CHECK THE RESULT TO BE REASONABLE WHEN COMPARED WITH FCOM 2.02.40"*

Bortfallet av datalink førte ikke til vesentlig økt arbeidsbelastning for personellet på trafikk-avviklingsavdelingen i Oslo. Det er kun selskapets Airbus-maskiner som i slike tilfeller vil trenge assistanse med avgangskalkulasjonene. Flåten for øvrig har formaliserte backup-systemer om bord. Når det gjelder driftsstabiliteten på systemene som driver ACARS, har SAS opplyst at den på årsbasis ligger godt over 99 %. I perioden august/september 2003 pågikk imidlertid installasjon av ny versjon av programvare for datalink-delen, og i den forbindelse var systemet flere ganger ute av drift i perioder med varighet 1-2 timer.

HSLB oversendte data fra flygeregistratoren til Airbus for analyse. Dataene viste at nesehjulet forlot bakken like etter at stikka ble ført bakover tilsvarende 8° "aircraft pitch up". Rotasjon foregikk ved om lag 140 kt. Venstre hovedunderstell forlot bakken ved en pitch på 9°, og ved 11° "pitch up" forlot også høyre hovedunderstell bakken. Dette ga ifølge Airbus en bakkeklaring/margin til "tailstrike" på 0,6 ft (18 cm). Bakkeklaring ved 60 tonn TOW og samme "inputs" ville vært 4 ft (122 cm). Ifølge FCOM inntreffer tailstrike ved 11° "pitch up".

Feil avgangsvekt førte også til at kalkulasjonen av tyngdepunktets plassering ble feil (23,3 % i stedet for 29 %), og den horisontale stabilisatoren var dermed ikke optimalt justert for avgang. (1,32° nose up i stedet for 0,4° nose down).

Aktuell Minimum Control Speed on Ground, V_{MCG} , var lavere enn den "falske" V_1 på 118 kt. Steilehastigheten (V_S) for en avgangsvekt på 76,4 tonn er 128 kt.

Vakthavende Flight Operation Officer på OSLND-T hadde lang og relevant yrkeserfaring. Han fikk utdanning og sertifisering som "flygklarerare" i Sverige i 1977. Han hadde fått generell opplæring i bruk av "laptop" og det aktuelle TODC-programmet, men til daglig var det var sjelden behov for disse kunnskapene.

Selskapets egen undersøkelseskommissjon gjennomførte like etter denne hendelsen en test der de konkluderte med at vedkommende Flight Operation Officer ikke hadde tilfredsstillende kunnskap og ferdigheter når det gjaldt avgangskalkulasjoner på Airbus. Det samme var tilfelle for flere av

avdelingens ansatte. I rapporten fra den interne kommisjonen påpekes det også at det på hendelsestidspunktet var uklart hvilke tjenester de ulike støtteavdelingene skulle yte for flybesetningene.

I ettertid har selskapet klargjort at flybesetninger skal kontakte CPHOW direkte ved behov for assistanse når det gjelder avgangskalkulasjoner. Det er imidlertid også gjennomført et nytt treningsprogram innen T/O Data Calculations for OSLND-T- avdelingens ansatte, siden det er meningen at de skal kunne bistå i tilfelle flybesetninger ikke oppnår kontakt med CPHOW.

Selskapets egen undersøkelsesrapport inneholder seks tilrådinger som omfatter opplæring av personell i støttefunksjoner, vurdering av den enkeltes kvalifikasjoner, tydeliggjøring av støtteavdelingens ansvar samt avklaring når det gjelder alternative fremgangsmåter for avgangskalkulasjoner. De har også anbefalt at det vurderes om alternativ prosedyre for beregning av takeoff data bør inkluderes i dokumentasjonen om bord.

Havarikommisjonene i Skandinavia har de senere år utredet flere hendelser med uriktige avgangskalkulasjoner eller feil i datagrunnlaget. Eksempelvis SAS' Boeing 767 på Kastrup 28. august 1998 og 24. august 1999, og i Chicago 24. mars 2000. (Ref. rapport 49/99 og 21/00 fra den danske havarikomisjonen <http://www.havarikommissionen.dk/sw13901.asp>). Det har også vært flere tilfeller av feillasting og feil lastedokumentasjon. (Ref. HSLB rap. [15/2002](#), [56/2001](#), [27/2000](#)).

Hendelsen med SK 473 har likhetstrekk med en ulykke som inntraff på Auckland, New Zealand, 12. mars 2003. Et fly av typen Boeing 747 fra Singapore International Airlines fikk "tail strike" under take-off fra etter å ha startet rotasjon ved for lav hastighet. I det tilfellet var beregningene feilaktig blitt utført med en avgangsmasse som var 100 tonn for lav. En av tilrådingene i denne rapporten omhandler muligheten for å videreutvikle flyets automatikk, slik at den skal bli i stand til å oppdage urimelige take-off data. Tilrådingen fra havarikomisjonen på New Zealand, datert 24. oktober 2003, er rettet til Boeing:

"... Implement a FMS software change on all various Boeing aircraft models that ensures any entries (such as V speeds and gross weight) that are mismatched by a small percentage are either challenged or prevented."

Følgende er utdrag av et foreløpig svar fra Boeing datert 17. november 2003:

"This event is another example of incorrect takeoff speeds, which has previously been identified by Boeing as an issue for the industry. The common feature among these cases is that the takeoff speeds used by the crew are inappropriate to the specific operating conditions (actual weight, runway length, etc). The error or errors leading to the incorrect speed can happen at various points along the computational path, which consists of both manual and automated operations. In all cases, the results are the same - a takeoff is attempted with rotation at an inappropriate speed. The consequential risks to the airplane (tail strike, overweight takeoff, increased runway length, reduced manoeuvre margin to stall, reduced climb gradient, etc) are the same regardless of the specific error that led to the incorrect V speeds. Boeing is working to ensure that adequate and appropriate defences are in place to reduce the possibility that such errors are made or propagated."

...

"The recommended software check would be ineffective in preventing a large proportion of incorrect takeoff speed events - those in which an incorrect weight is entered into the FMC..."

...

“Boeing will continue to examine the safety recommendation in the context of the broader issue regarding incorrect takeoff speeds. As the work progresses, we will determine whether changes to existing FMS installations may be warranted. Separately, we will also determine if such new features should be included in new FMS installations. At this point, no schedule has been set for the completion of our examination.”

(Ref. Rapport 03-003 TAIC New Zealand <http://www2.taic.org.nz/InvDetail.aspx?InvNo=03-003>).

HAVARIKOMMISJONENS VURDERINGER

Denne hendelsen føyer seg inn i rekken av hendelser der det har oppstått feil i avgangskalkulasjonene uten at flybesetningen oppdaget det før avgang. Feilen fikk ikke alvorlige konsekvenser. Uten besetningens vitebegjærighet og rapporteringsvillighet ville feilen gått upåaktet hen, og kunnskapen kunne ikke blitt utnyttet i proaktivt flysikkerhetsarbeid.

Sikkerhetsmarginene reduseres dersom det er feil i avgangskalkulasjonene. Ved et eventuelt motorbortfall kan slike feil fort få katastrofale følger. Marginene er i et slikt tilfelle mye mindre enn ellers, og det er derfor av største betydning at avgangskalkulasjonene er korrekte og at de forutsatte flygehastigheter overholdes. Myndighetskravet er at enhver avgang innenfor denne kategori av luftfart skal planlegges med motorbortfall på mest ugunstige tidspunkt. Det er imidlertid svært lite sannsynlig at det inntreffer, og de vanlige konsekvenser dersom avgang baseres på feilaktige avgangskalkulasjoner er som Boeing beskriver ”tail strike”, overvekt, økt rulledistanse, redusert manøvreringsmargin i forhold til steiling, redusert stigegradient etc.

SK 473 var nær ved å pådra seg en ”tail strike”. Motorytelsen var redusert mer enn det regelverket tillater, slik at rulledistansen sannsynligvis ble lengre og høyden under utflygingen lavere enn forutsatt. Umiddelbart etter avgang var marginen til steilehastigheten mindre enn forutsatt. Straks flyet kom i lufta, bidro automatikken til å synliggjøre at den valgte hastigheten for utklaring var for lav. Besetningen reagerte raskt og korrekt da de så at den valgte utflygingshastigheten (V_2) lå under ” α max speed”. Situasjonen ble avklart ved at besetningen lot flyet akselerere til en betydelig høyere hastighet. Dette var uproblematisk under de rådende forhold, med begge motorene i drift.

Erfaring viser at feilaktige avgangskalkulasjoner ofte har ulik opprinnelse, altså er det flere muligheter for å gjøre feil i denne sikkerhetskritiske operasjonen. Ideelt sett bør teknologien utvikles slik at alle muligheter for å gjøre feil elimineres. Når dette ikke lar seg realisere fullt ut, må teknologien bidra til i størst mulig grad å redusere sannsynligheten for at feil oppstår og forplanter seg. For å oppnå nødvendig grad av sikkerhet kreves det et samspill mellom operatør og system. Her er opplæring, gode prosedyrer og mulighet for kontroll av resultatene sentrale elementer.

Tilrådingen til Boeing i forbindelse med den nevnte ulykken i Auckland gjenspeiler tankegangen om videreutvikling av teknologi, mens svaret illustrerer hvilke utfordringer produsentene står overfor. Havarikommisjonen er kjent med at også Airbus jobber med samme problematikk. HSLB har mottatt følgende relevante opplysninger om programmet på årets sikkerhetskonferanse for Airbus-kunder:

“One of the topics will address the tail strike issue, taking into account a few examples, amongst them a take-off with a wrong Vr resulting from an error in the take-off weight.”

Amongst the preventive actions we are taking:

- Training aids such as video and Flight Crew Operation Briefing Note. The objective is to reinforce pilot awareness on all factors that could contribute to tail strike.*
- Depending on the a/c type we are also studying the possibility to provide tail strike indication to the crew and pitch limit indicator. However these design features will not solve by themselves all the possible factors. This is why the key preventive actions are to reinforce pilot awareness."*

Hensikten med å ikke utstyre besetningene på A321 med dokumentasjon for å utføre manuelle avgangskalkulasjoner, var å redusere sannsynligheten for feil. Intensjonen var altså god, men SAS hadde på hendelsestidspunktet ikke etablert en alternativ fullgod reserveløsning i tilfelle primær-systemet feilet. Laptop medbringes ikke på ordinær ruteflyging, og besetningene måtte improvisere da datalinken sviktet. Sannsynligheten for at feil oppstår er stor når muntlig informasjon videreformidles gjennom flere ledd. Da er det desto viktigere at besetningen har mulighet for å kontrollere sluttresultatet. SAS hadde i realiteten verken tilrettelagt for en alternativ prosedyre, eller gitt besetningene opplæring og retningslinjer for verifikasjon av resultatet.

En medvirkende årsak til at feilen gikk upåaktet hen, var at flybesetningen på SK 473 hadde liten erfaring på den aktuelle flytypen da hendelsen inntraff. Etter hvert som man opparbeider seg erfaring på en flytype vil man få bedre grunnlag for å vurdere om resultatene av avgangskalkulasjonene er rimelige. At besetningen unnlot å stille spørsmål til tross for at de reagerte på at hastighetene var lave, kan forklares ved det som i psykologien kalles "confirmation bias". Man forventer at svaret er korrekt og fokuserer på argumenter som underbygger dette, mens man som følge av denne forventningen ser bort fra faktorer som tilsier noe annet. Feilen hadde mest sannsynlig blitt oppdaget dersom displayet på FMGC hadde foreslått "standard" avgangshastigheter i forhold til den avgangsvekt som var lagt inn i systemet slik som på Boeing 737. Et så betydelig avvik som i dette tilfellet ville vært et klart tegn på at noe var feil, og at nye beregninger måtte foretas.

Selskapets egen undersøkelsesrapport foreslår forbedringer i flere ledd i organisasjonen for å forebygge gjentakelse. Havarikommisjonen bifaller konklusjonene i denne rapporten, og fremmer en tilråding om at Luftfartstilsynet påser at anbefalingene blir behørig vurdert.

SIKKERHETSTILRÅDINGER

SAS' interne undersøkelseskomisjon har gitt anbefalinger til både trafikkavviklingsavdelingen og selskapets flyoperative avdeling for å forhindre at feilaktige avgangskalkulasjoner oppstår i fremtiden. Tilrådingene omfatter opplæring av personell i støttefunksjoner, vurdering av den enkeltes kvalifikasjoner, tydeliggjøring av støtteavdelingens ansvarsområde samt avklaring når det gjelder alternative fremgangsmåter for avgangskalkulasjoner. HSLB tilrår at Luftfartstilsynet vurderer selskapets oppfølging av disse anbefalingene. (SL Tilråding nr. 46/2004).

VEDLEGG: Recommendations fra SAS Investigation Team



4. RECOMMENDATIONS

- 4.1 OSLND-T shall train involved personnel in calculating T/O data and the understanding of the figures being calculated.
Action: OSLND-T
- 4.2 OSLND-T shall review and assure TCM's qualifications.
Action: OSLND-T
- 4.3 Flight Operations shall establish an alternate procedure for calculating T/O data for when the data link is not operational.
Action: STOOF
- 4.4 Flight Operations shall consider adding material for manual calculation of T/O data in FCOM.
Action: STOOF
- 4.5 Flight Operations shall state whether data in FCOM 2, 2.02 can be used for T/O data calculations.
Action: STOOF
- 4.6 Flight Operations shall state what kind of services the different traffic support departments should provide.
Action: STOOF