



Lokaskýrsla um alvarlegt flugatvik

Mál nr.: **22-053F007**

Dagsetning: **23. júlí 2022**

Staðsetning: **Fúlukinnarfjall**

Atvik: **Nauðlenti eftir hreyfistöðvun á flugi**

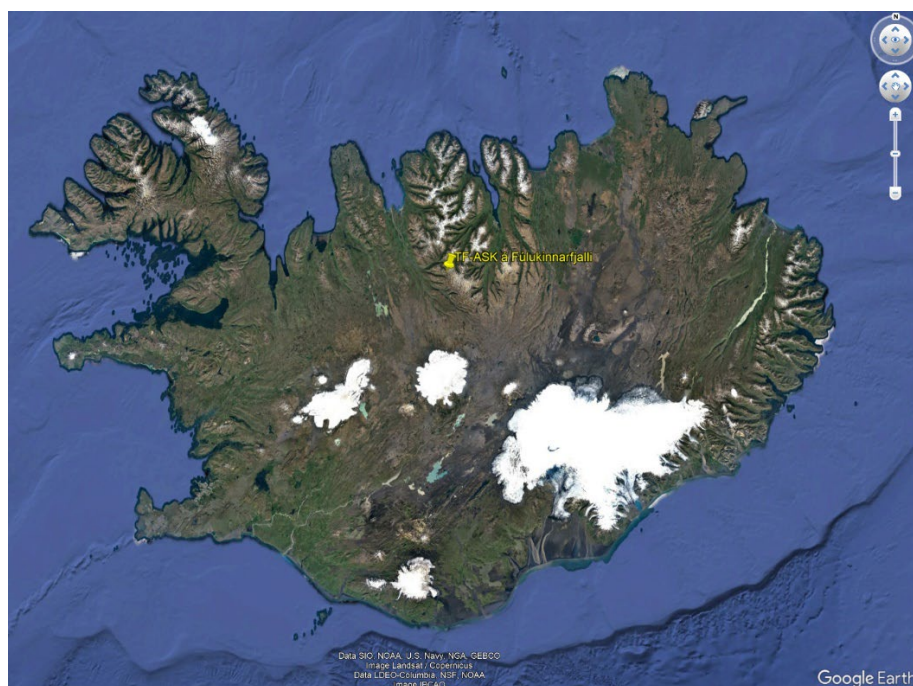
Rannsókn samkvæmt lögum nr.18/2013 skal eingöngu miða að því að leiða í ljós orsakir samgönguslysa og samgönguátvika, en ekki að skipta sök eða ábyrgð, með það að markmiði að draga úr hættu á sams konar slysum og atvikum og afleiðingum sambærilegra slysa. Skýrslum rannsóknarnefndar um rannsókn einstakra slysa og atvika skal ekki beitt sem sönnunargögnum í dómsmálum.

1. HELSTU STAÐREYNDIR

Staður og tími	
Staðsetning:	Á Fúlukinnarfjalli, 65°24'7,47"N; 018°46' 41,91"V
Dagsetning:	23. júlí 2022
Tími:	18:42

Lofftar	
Tegund:	I.C.P. Savannah S
Skrásetning:	TF-ASK
Framleiðsluár:	2018
Raðnúmer:	17-04-54-0548
Lofthæfisskírteini:	Í gildi
Hreyfill:	Einn 100 hp Rotax 912, með raðnúmerið 9569174

Flugmaður		
Aldur:	23 ára	
Skírteini:	Handhafi atvinnuflugmannsskírteinis CPL(A), í gildi	
Áritanir:	SEP	
Heilbrigðisvottorð:	1. flokks, í gildi	
Reynsla:	Heildartími:	320 stundir
	Á þessa tegund:	107 stundir



Mynd 1: Staðsetning TF-ASK á Fúlukinnarfjalli

Um flugið

Flugmaður hugðist fljúga flugvél TF-ASK (I.C.P. Savannah S), ásamt einum farþega, frá flugvellið á Akureyri til fisflugvallarins á Hólmsheiði, ofan Reykjavíkur. Í fyrirflugskoðun athugaði flugmaðurinn olíuna á hreyflinum og reyndist næg olía á honum.

Flugtak frá Akureyri (BIAR) var klukkan 18:42 til norðurs. Eftir flugtak var flugvélinni snúið í stefnu til suðurs og klifrað í um 2000 feta hæð. Í klifrinu var hreyfillinn á fullu afli, sem er 5300-5400 snúningar á mínútu (RPM).

Því næst var aflið dregið af hreyflinum¹, niður í 5100 RPM, og flogið inn Eyjafjörðinn. Var flugvélinni beygt til suðvesturs við Melgerðismela og flugið hækkað úr 2000 fetum upp í 4000 feta hæð, á fullu afli, 5300-5400 RPM. Skipti flugmaðurinn þá af tíðni flugturnisins á Akureyri (118,2 MHz) og yfir á landstíðnina (118,1 MHz) og setti neyðartíðnina (121,5 MHz) í biðstöðu (standby). Flogið var yfir Litladalsfjall, vestur af Melgerðismelum og var stefnan tekin til vesturs, en flugmaðurinn hugðist fljúga vestan Hofsjökuls á leið sinni suður til Reykjavíkur (mynd 2).



Mynd 2: Flugleiðin frá Akureyri

¹ Flugmanninum var kunnugt um að einungis mátti hafa hreyfillinn á hámarksafli (max power) í 5 mínútur í senn

Eftir klifrið, í 4000 fetum, leit flugmaðurinn á mæla hreyfilsins (sjá mæla á mynd 3). Mælar fyrir hreyfilinn eru staðsettir hægra megin á stjórnborði TF-ASK, fyrir framan farþegann.



Mynd 3: Mælar fyrir hreyfil TF-ASK

Tók flugmaðurinn eftir því að eldsneytisþrýstingur (fuel pressure) var frekar lágur og var við neðri mörk. Flugmaðurinn hafði áður orðið var við þetta á þessari flugvél og einnig á annarri tegund flugvélar (Tecnam) sem er með samskonar hreyfil. Flugmaðurinn prófaði að kveikja á rafmagnseldsneytisdælunni til að athuga hvort að það hækkaði eldsneytisþrýstinginn, en það breytti engu svo að hann slökkti á henni aftur.

Flugmaðurinn fylgdist einnig með hitanum á hreyflinum, sem var innan marka. Að sögn flugmannsins, taldi hann að olíuhitinn hafi verið um 100°C eða 110°C² og í tilfalli kælivökvahta³ (water T left / water T Right) þá snéru nálarnar á mælunum upp, u.þ.b. 100°C til 110°C. Einnig sá flugmaðurinn að olíuþrýstingurinn var á grænu (green band).

² Samkvæmt Rotax Operators Manual, 2.1) Operating limits (912 A/F/UL), þá er eðlilegur olíuhiti á milli 90°C og 110°C

³ Rotax 912 hreyfill TF-ASK, með raðnúmerið 9569174, var útbúin kælivökvahtamælum fyrir strokk nr. 2 og strokk nr. 3 í stað eldri útfærslu af strokkhitamælum (sjá AMM 75-00-00, Fig 75-1/1)

Að sögn flugmannsins minntist hann þess ekki að hafa séð eitthvað fyrir atvikið, sem gat gefið til kynna að eitthvað hefði verið að og starfaði hreyfillinn eðlilega.

Flugmaðurinn hækkaði flugið enn frekar, upp í um 4400 feta hæð, til þess að hafa meiri fjarlægð við fjallatoppa og minnka líkur á ókyrrð.

Þegar flugmaðurinn flaug yfir Fúlukinnarfjall, í tæplega 4500 feta hæð, stöðvaðist hreyfillinn snögglega. Flugmaðurinn fann í kjölfarið lykt, svipaða og þegar brætt er úr mótör og farþeginn varð var við smá reyk þegar hreyfillinn gaf sig.

Flugmaðurinn setti rafmagnseldsneytisdæluna á, blöndungshitarann á, snéri kveikjurofa af og aftur á og reyndi að endurræsa hreyfillinn, án árangurs og voru þessi neyðarviðbrögð framkvæmd samkvæmt neyðargátlista, eftir minni.

Flugmaðurinn sendi út neyðarkall (MAYDAY) á landstíðninni 118,1 MHz, þar sem hann tilkynnti vélarbilun og að hann þyrfti að nauðlenda, en fékk ekkert svar. Flugmaðurinn skipti þá yfir á neyðartíðnina 121,5 MHz, þar sem að hann endurtók tilkynninguna um vélarbilun og að hann þyrfti að nauðlenda. Samkvæmt tilkynningu⁴ frá Akureyrarflugvelli (BIAR) þá barst neyðarkall frá flugvél TF-ASK á neyðartíðninni 121,5 MHz klukkan 19:00. Samkvæmt dagbókarfærslu hjá flugstjórn (ACC) heyrðist neyðarkall frá flugvél TF-ASK á neyðartíðninni 121,5 MHz klukkan 19:02, þar sem flugmaðurinn tilkynnti um vélarbilun og sagðist þurfa að nauðlenda. Að sögn flugmannsins svaraði flugáhöfn áætlunarflugvélar á leið til Keflavíkurflugvallar (ICE3K) honum.

Flugmaðurinn beindi flugvélinni þannig að hún flygi á besta svifhraða (best glide), sem hann taldi vera 106 km/klst⁵. Hóf hann því næst leit að heppilegum nauðsendingarstað, sem hann sá ofan á Fúlukinnarfjalli.

Flugmaðurinn stefndi á fyrirhugaðan nauðlendingarstað, setti vængbörð niður og minnkaði flughraðann niður í rúmlega 60 km/klst í lokaaðfluginu. Rétt fyrir landingu slétti hann úr flugferlinum (flare out) og lenti flugvélinni á Fúlukinnarfjalli. Vegna grófs jarðvegjar hægði flugvélin hratt á sér og tiplaði flugmaðurinn aðeins lítillega á bremsurnar í stað þess að beita fullum bremsum, til þess að koma í veg fyrir að flugvélin steyptist yfir sig. Heppnaðist landingin vel (sjá mynd 4).

⁴ Opscom

⁵ Samkvæmt neyðargátlista TF-ASK sem og ICP Savannah S TF-ASK Pilot Operating Handbook, bls. 24, kafli 5.7, þá er besti svifhraði 118 km/klst



Mynd 4: Flugvél TF-ASK á Fúlukinnarfjalli

Eftir landinguna hafði flugmaður TF-ASK samband við áhöfn áætlunarflugvélarinnar sem var á leið til Keflavíkurflugvallar og lét vita að þeir væru lentir á mól og báðir um borð væru heilir á húfi.

Klukkan 19:04 tilkynnti áhöfn áætlunarflugvélarinnar (ICE3K) flugstjórn að þeir hefðu heyrt í flugmanni TF-ASK á neyðartíðninni og að flugvélin væri lent á mól og báðir um borð væru óslasaðir.

Flugmaður TF-ASK var einnig í sambandi við aðrar flugvélar í yfirflugi á neyðartíðninni og fengu þær uppgfna staðsetningu flugvélarinnar, sem komið var áfram til flugstjórnar í Reykjavík.

Flugmaður TF-ASK hringdi að auki mörg símtöl í Neyðarlínuna (112), en sambandið við hana var mjög brotið vegna lélegs símasambands á Fúlukinnarfjalli. Neyðarlínan náði þó að fá staðfest að það væri í lagi með þá og tjá þeim að leit væri hafin að þeim.

Að sögn flugmannsins var smá gola og heiðskirt á Fúlukinnarfjalli. Flugmaðurinn og farþeginn voru vel útbúnir. Flugmaðurinn var í gönguskóm og hettupeysu og með

lopapeysu og vindjakka með sér. Farþeginn var í strigaskóm, í peysu og með jakka. Þeir voru með smá nesti með sér og nýbúnir að borða fyrir flugtak.

Voru gönguhópar björgunarsveita ræstir út, en þegar í ljós kom að 8 tíma ganga væri að nauðlendingarstaðnum var þeim snúið við og ákveðið að ræsa út þyrlu Landhelgisgæslu Íslands.

Um klukkan 20:20 hafði kennsluflugvél (TF-FAA) frá Flugskóla Akureyrar staðsett TF-ASK á Fúlukinnarfjalli og hringsólaði hún yfir nauðlendingarstaðnum uns þyrla Landhelgisgæslu Íslands kom á vettvang klukkan 20:43 og sótti flugmann og farþega TF-ASK.

Greining og niðurstaða

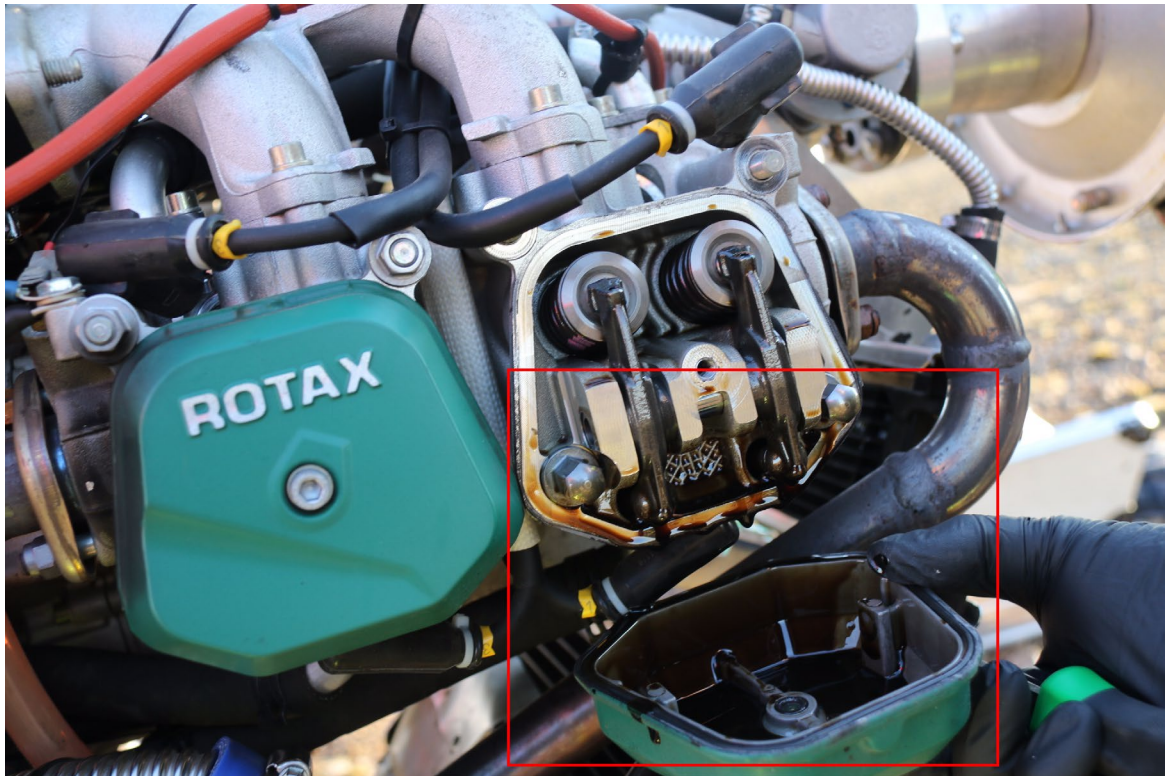
Heildargangtími (Tach time) flugvélarinnar sem og hreyfilsins, var 550 klst við atvikið og hafði síðasta reglulega viðhald verið framkvæmt þann 22. apríl 2022 þegar gangtíminn var 499,2 klst og var það ársskoðun/100 tíma skoðun (Annual / 100 hr inspection). Því átti að framkvæma næstu skoðun fyrir 599,2 klst eða 22. apríl 2023.

Við vettvangsrannsókn RNSA á Fúlukinnarfjalli kom eftirfarandi í ljós:

- Brotinn gormahaldari fyrir ventil á strokki nr. 2 (sjá mynd 5)
- Olíusmurning á strokki nr. 1 var í góðu lagi (sjá mynd 6), en olíusmurninguna vantaði að miklu leyti á strokki nr. 2 (sjá mynd 7)



Mynd 5: Brotinn gormahaldari fyrir ventil á strokki nr. 2

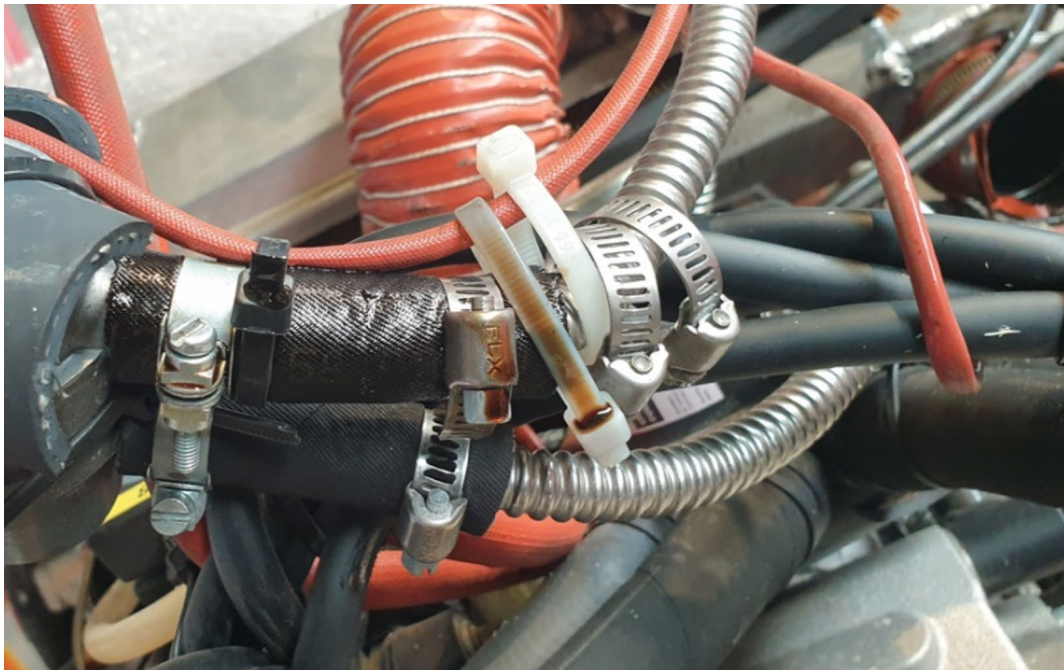


Mynd 6: Olíusmurning var til staðar á strokki nr. 1



Mynd 7: Olíusmurningu vantaði að mestu leyti á strokki nr. 2

Við rannsóknina fannst einnig minniháttar olíusmit á tengjum fyrir olíuleiðslu hreyfilsins, við hitanema (thermostat) sem staðsett er á soghlið (suction side) olíukerfisins á milli olíukúts (oil tank) og olíukælis (oil cooler), eins og sést á myndum 8 og 9. Reyndust þrjú af fjórum tengjunum á rifluðu olíuleiðslunum við hitanemann vera óþétt. Því er hugsanlegt að loft hafi komist inn í soghlið olíukerfisins, en sog er í olíukerfinu á milli olíukúts og olíudælnnar (main oil pump). Sjá mynd 10.



Mynd 8: Olíusmit á tengjum fyrir olíuleiðslu hreyfilsins



Mynd 9: Olíusmit á tengjum fyrir olíuleiðslu hreyfilsins

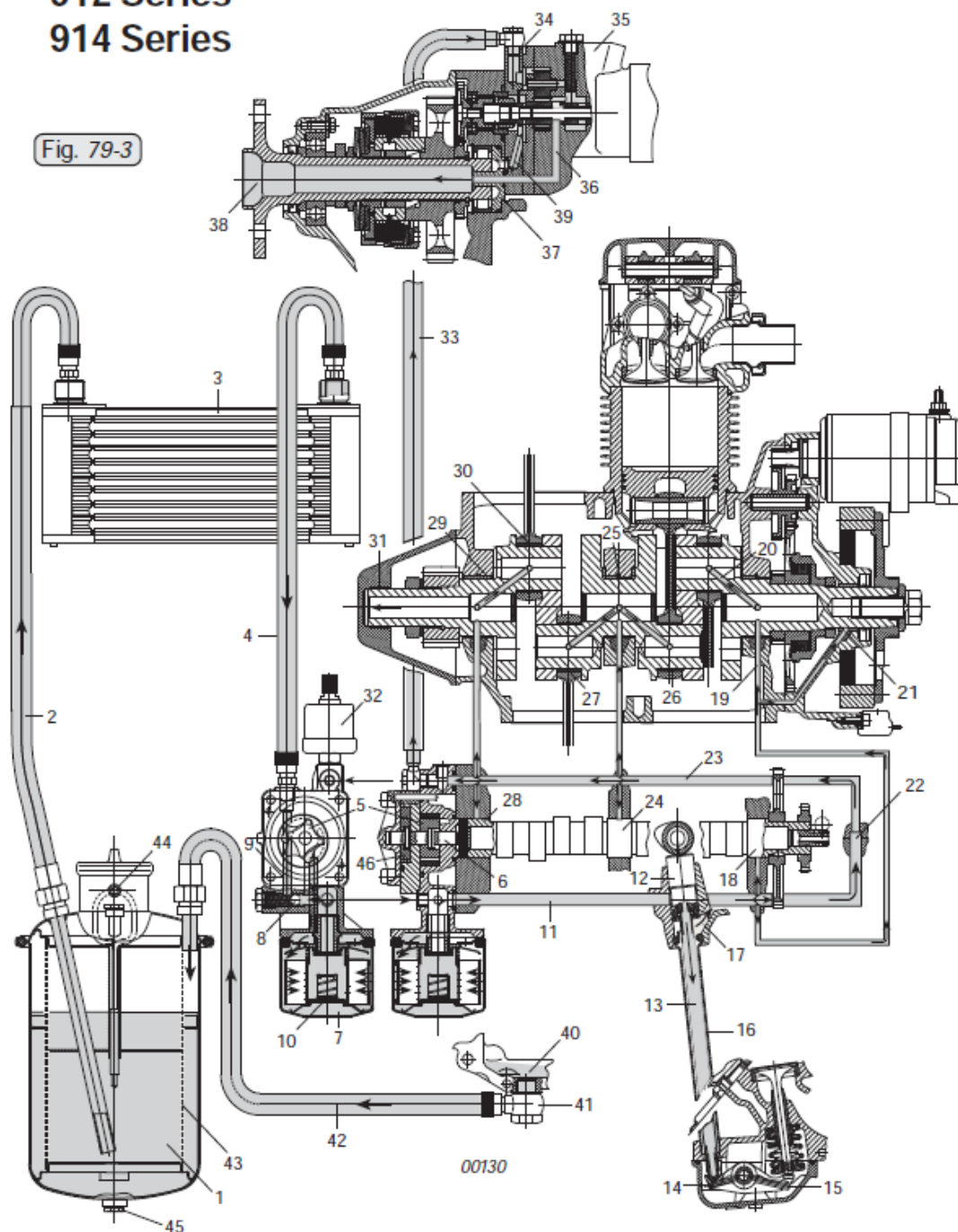
Í viðhaldshandbók hreyfilsins⁶ segir:

2.2) Main oil pump (Engine lubrication circuit)

See Fig. 79-3

The trochoid oil pump sucks the engine oil out of the oil tank (1) via line (2). The oil passes through the oil cooler (3) fitted on the suction side via the oil line (4) to the oil pump rotor (5) (main oil pump), which is driven by the oil pump shaft (6).

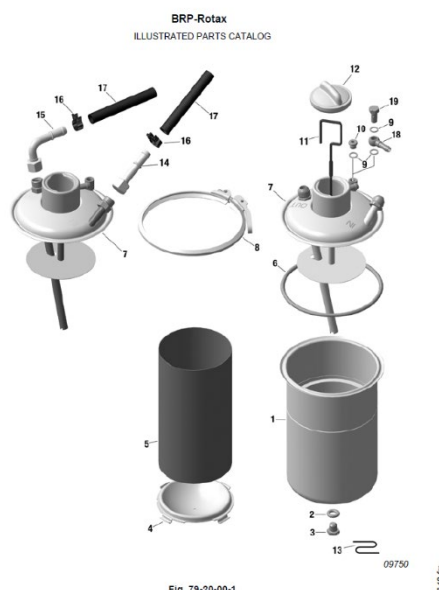
912 Series 914 Series



Mynd 10: Fig 79-3 úr viðhaldshandbók Rotax 912

⁶ Rotax 912, Maintenance Manual, 79-00-00, chapter 2.2

Við rannsóknina kom í ljós að rifluðu málmörin sem notuð voru sem olíuleiðslur í hreyfli TF-ASK á soghlið olíukerfisins, eru leiðslur frá Savannah sem m.a. eru notaðar í eldsneytiskerfi flugvélarinnar. Þessi rifluðu málmör eru með minna þvermál en upprunalegu Rotax olíuleiðslurnar, sem eru gúmmíleiðslur af P/N 956394 samkvæmt íhlutabók⁷ hreyfilsins. Á myndum 8 og 9 má sjá stutta stubba af samskonar olíuleiðslum og Rotax notar, sem rifluðu málmörin ganga inn í við tengin.



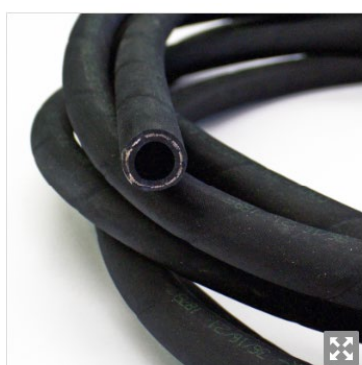
BRP-Rotax
ILLUSTRATED PARTS CATALOG

FIG. & ITEM NO.	STATUS	PART NO.	IDENT	Description	Parts per Engine						
					912 A	912 F	912 S	912 UL	912 ULS	914 F	914 UL
17	N s.v.	956394 956390	.1	OIL TUBE OLNS 1 12x19				ARb	ARb		ARb
18		956314	.1	HOSE NIPPLE 4/6						1	1
19	N s.v.	241073 940874	.1	BANJO BOLT M10x1x19 BANJO BOLT M10x1x19						1	1

- Items not illustrated

- a See SB-912-040, SB-914-026 current issue
- b In a roll, not with Form 1
- c with metric connection thread M18x1.5

Mynd 11: Upprunalegar olíuleiðslur úr Rotax IPC 79-20-00



Rotax Oil Hose 12mm ID SOLD PER METER

956 394

[QUICK OVERVIEW](#)

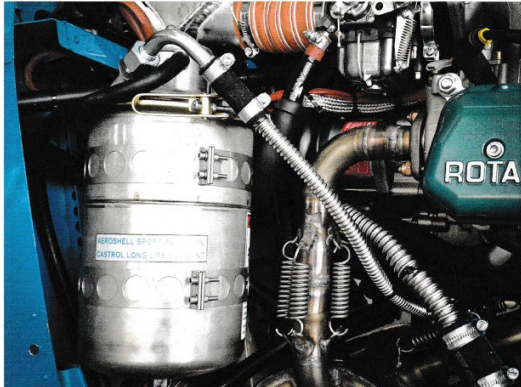
Previous Part Number: 956 391, 956 530, 956 390

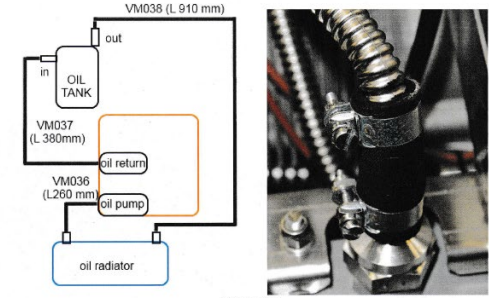
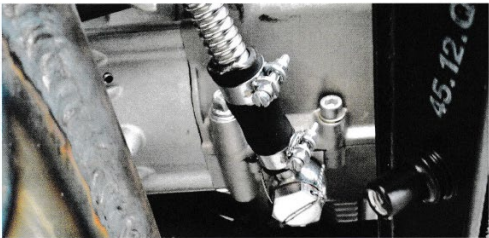
Mynd 12: Rotax P/N 956394 olíuleiðsla

⁷ Rotax Illustrated Parts Catalog 79-20-00, Fig 79-20-00-1, item 17

Þar sem að rifluðu málmrörin gengu inn í stutta stubba af gúmmíleiðslum, samskonar Rotax olíuleiðslum, var hættá á að tengingarnar væru ekki nægilega þéttar og loft kæmist inn í soghlið olíukerfisins.

Við rannsóknina kom í ljós að rifluðu málmrörin á soghlið olíukerfisins voru settar í TF-ASK við smíði loftfarsins og var það gert í samræmi við samsetningarleiðbeiningar⁸ loftfarsins, frá Savannah (sjá mynd 13). Samkvæmt þeim eru rifluðu málmrörin úr ryðfríu stáli (INOX).

I.C.P. S.r.l.	Savannah™ S Construction Manual
CAP. 5	COOLING SYSTEM RADIATOR ASSEMBLY
<p>Place the water radiator on engine, fixing with bolt M10x20 with no 1 washer before the stirrup and use the same connection of inferior oil radiator.</p> <p>Use VM034 on the left and VM035 on the right (on the external side compared with SL093); use no 2 screws and no 2 washer diameter 6 mm.</p> <p>IMPORTANT: the water radiator is in horizontal position. Covering the edges with fitted carpet or adhesive gum. Distance from engine cowling to radiator: 3 cm.</p> <p>See the following photos for the installation of the oil tank. Use 2 band SM020 with 4 allen screw M4X20, 1 washer 4X8 for only one. Orient the plug like photo. "IN" external side, "OUT" internal side.</p>	
 <p>Picture no 5</p> <p>Connect all oil pipe (INOX tube diameter 13.5 mm, one has diameter of 7 mm, the tube of tank vent), see the manual of manufacturer and following photos.</p>	
Issue 1/Rev.00	13th january 2010 5/11

I.C.P. S.r.l.	Savannah™ S Construction Manual
CAP. 5	COOLING SYSTEM RADIATOR ASSEMBLY
<p>All the joint should be accomplished using VM039 rubber hose and two 18 mm clamp as shown on picture 6.</p>	
 <p>Picture no 6</p>	
 <p>Picture no 7</p>	
Issue 1/Rev.00	13th january 2010 6/11

Mynd 13: Rifluðu málmrörin sett í í samræmi við samsetningarleiðbeiningar frá Savannah

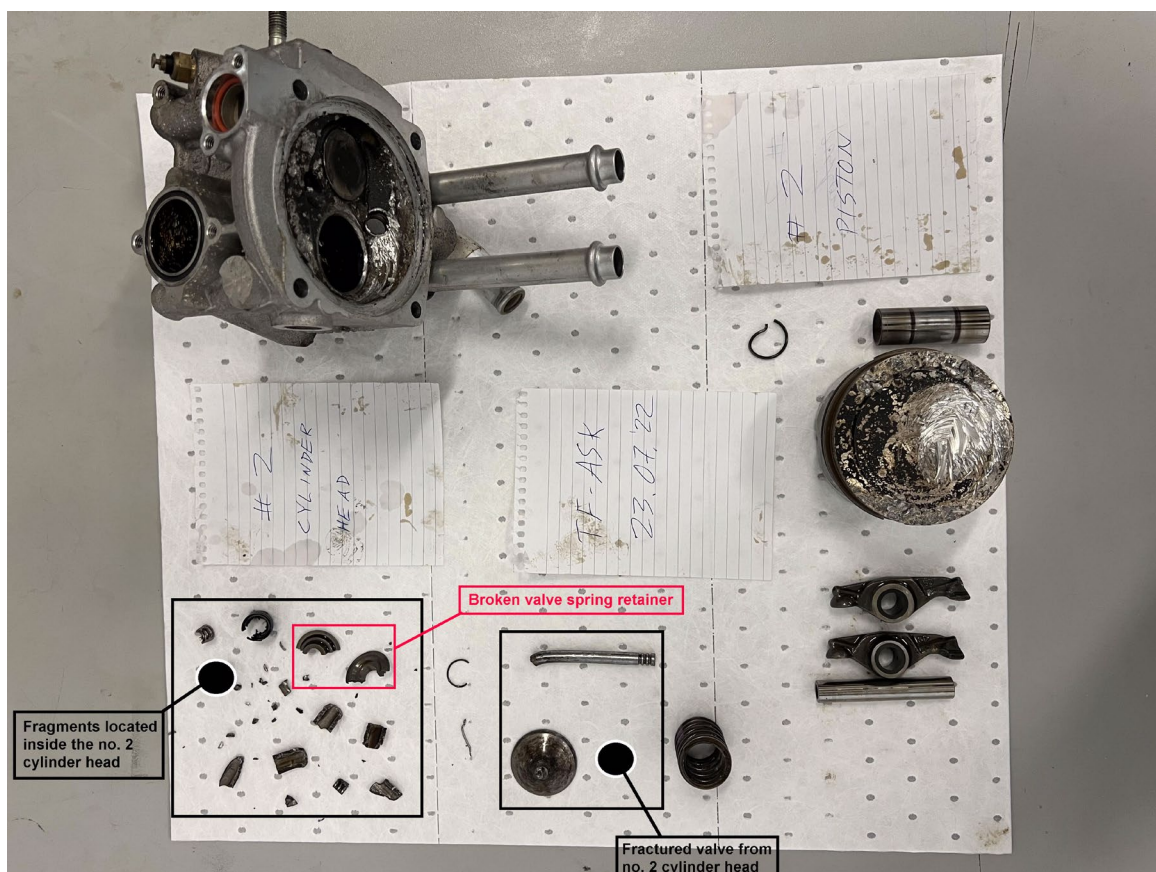
Á rannsóknarstiginu skoðaði Fisfélag Reykjavíkur önnur Savannah S loftför. Þá kom í ljós að rifluðu INOX málmrörin voru einnig notuð sem olíuleiðslur á þeim, bæði í tilfelli loftfara sem höfðu verið heimasmiðuð sem og í tilfelli loftfara framleiddum af I.C.P. S.r.l. Við eina slíka skoðun fannst gat á riflaða INOX málmrörinu sem liggur frá hitanemanum og yfir í olíudæluna.

RNSA telur að frágangur á tengingum INOX olíuleiðslanna á soghlið olíukerfisins, innan í búi af gúmmíslöngu sem síðan er hert upp á rifluðu INOX olíuleiðslurnar með hosuklemmu,

⁸ I.P.C. Savannah S Construction Manual, Cooling System Radiator Assembly

vera varhugaverðan. Hætta sé á að tengingarnar séu óþéttar og að loft komist inn í soglið olíukerfisins.

Var strokkur nr. 2 fjarlægður af hreyfli TF-ASK og komu þá í ljós frekari skemmdir, eins og sjá má á mynd 14.



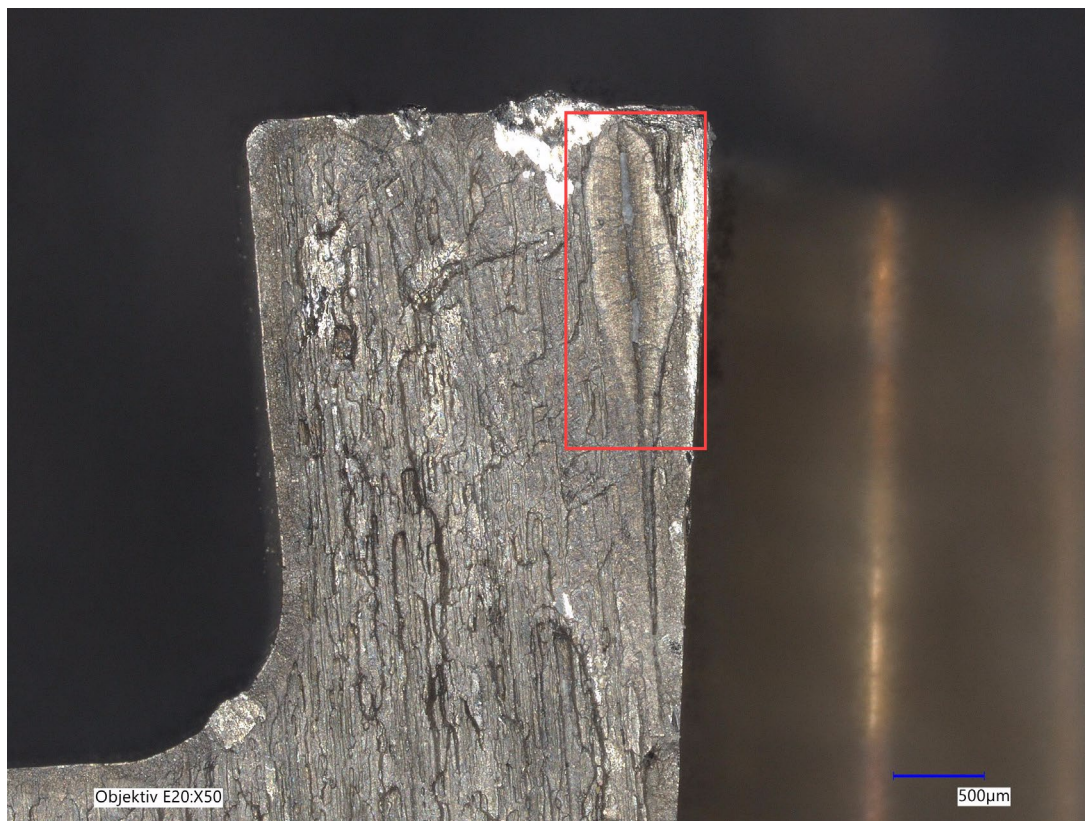
Mynd 14: Íhlutir strokks nr. 2 sem sendir voru til ítarlegri rannsóknar hjá framleiðanda

Strokkur nr. 2 var sendur til frekari rannsóknar hjá framleiðanda hreyfilsins (Rotax) í Austurríki. Var fulltrúi Rannsóknarnefndar samgönguslysa⁹ í Austurríki viðstaddur rannsóknina.

Við rannsókn framleiðandans kom í ljós að orsök bilunarinnar var brotinn gormahaldari fyrir ventil (valve spring retainer).

⁹ Federal Safety Investigation Authority

Efnisrannsókn sem framkvæmd var á brotna gormahaldaranum leiddi í ljós að hann gaf sig vegna málmþreytubrots¹⁰, sem átti upptök sín á öðrum helmingi hans¹¹ (sjá mynd 15).



Mynd 15: Upptök málmþreytubrotsins á svæðinu í rauða kassanum (Bruchstück Nr.: 2)

Líklegar ástæður að baki málmþreytubrotinu eru:

1. Að loft hafði komist inn í olíusmurkerfið og/eða
2. Efnisgalli í gormahaldaranum

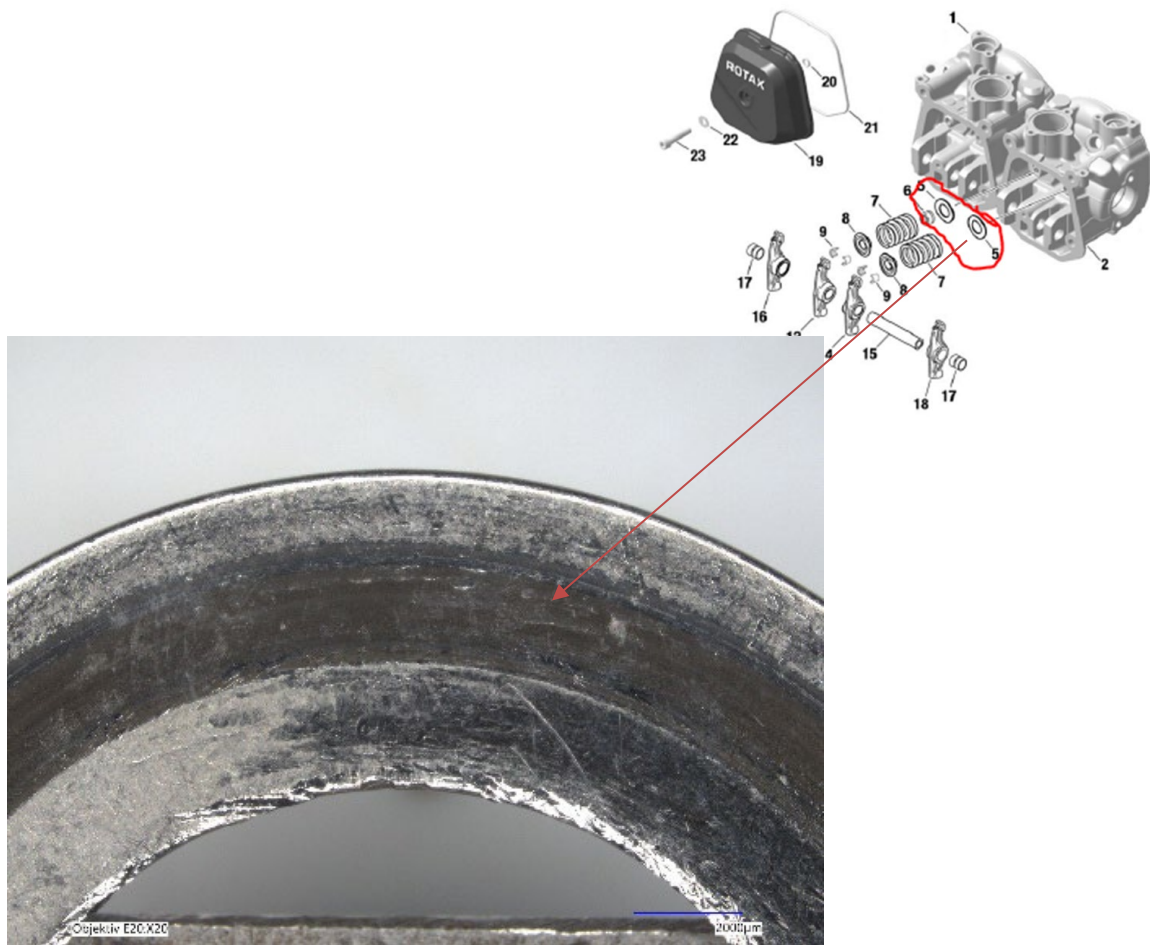
Við rannsóknina kom í ljós að samskonar hreyfilskemmdir höfðu orðið erlendis á öðrum loffförum með sömu gerð hreyfla, sem einnig voru raktar til gormahaldara. Hreyflar þessir

¹⁰ Original text in German: *Der Bruchausgang befindet sich am Bruchstück Nr.: 2 im rechten oberen Bereich der Bruchfläche. Der Bruch ist ausgehend von einer linearen Fehlstelle im Grundmaterial klar erkennbar an den links und rechts befindlichen Schwingstreifen. Die vorhandenen Schwingstreifen weisen die Bruchart als Schwingbruch (Ermüdungsbruch) aus.* English translation: *The fracture origin is on fracture no.: 2 in the upper right area of the fracture surface. The fracture started from a linear defect in the base material, clearly recognisable by the oscillating stripes on the left and right. The existing oscillating stripes indicate the type of fracture as an oscillating fracture (fatigue fracture).*

¹¹ Bruchstück Nr.: 2

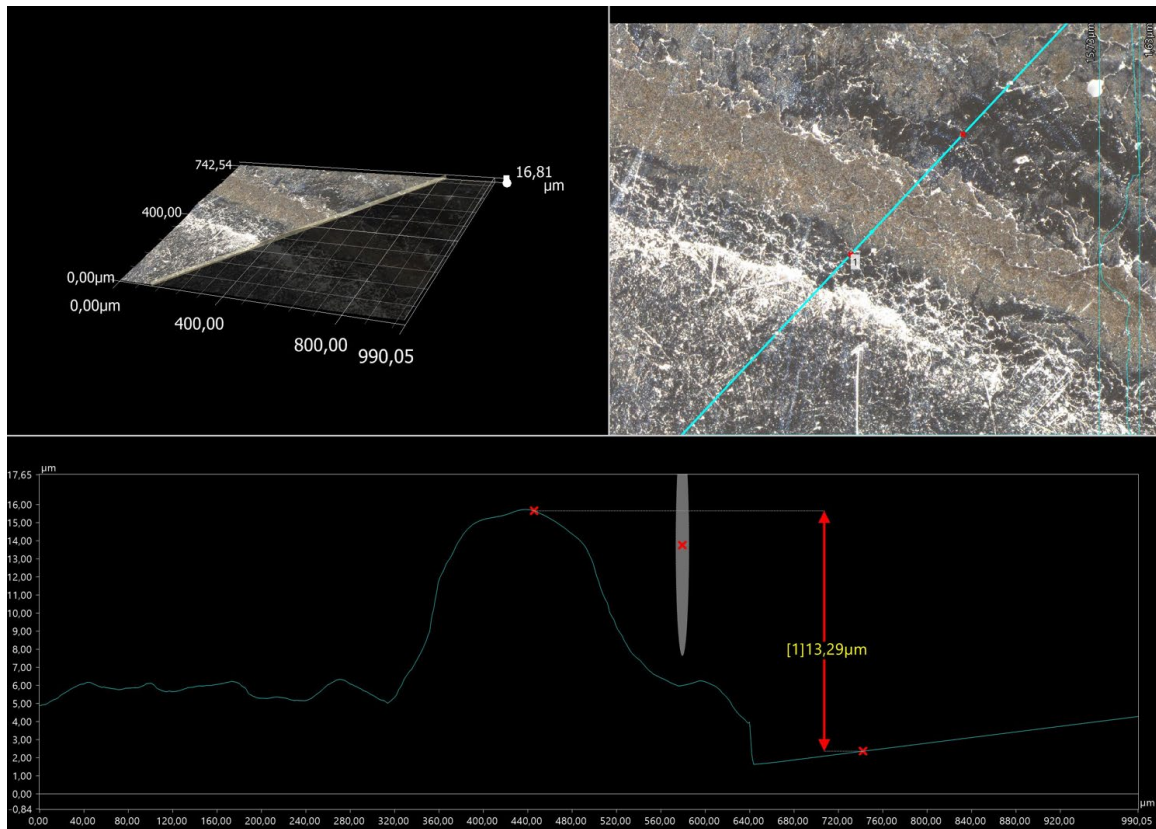
eru algengir, m.a. í fisum. Fleiri loffför af þessari gerð eru skráð á Íslandi, flest þeirra sem fis.

Rannsókn á skinnu¹², undir gorminum á ventlinum sem brotnaði, leiddi í ljós talsvert yfirborðsslit á henni (sjá mynd 16 og 17). Slíkt getur bent til að loft hafi komist í vökvaundirlyftu (hydraulic valve tappet) fyrir strokk nr. 2, með þeim afleiðingum að harður sláttur hafi orðið á ventli strokksins.



Mynd 16: Skinna undir gormi við ventil á strokki nr. 2

¹² Unterlagscheibe



Mynd 17: Þverskurður af yfirborðssliti skinnunnar

RNSA telur líklegt að frumorsök þess að gormahaldari strokks nr. 2 gaf sig hafi verið loft í olíukerfinu, sem komst inn um ópétt tengi á soghlið olíukerfisins.

Ekki er þó hægt að útiloka að um efnisgalla hafi verið að ræða í gormahaldaranum.

RNSA telur að rifluðu INOX málmrörin séu ekki heppilegar olíuleiðslur á soghlið olíukerfisins, þar sem að hætta sé á tengingar við þau séu ópéttar.

Æskilegra væri að olíuleiðslurnar væru gúmmíleiðslur, eins og Rotax mælir með í íhlutabók hreyfilsins, sem hertar væru beint upp á þá íhluti sem þær tengjast.

2. TILLÖGUR Í ÖRYGGISÁTT

22-053F007 T1

RNSA beinir því til hönnuðar I.C.P. Savannah S að endurskoða notkun á rífluðu málmrörunum í olíukerfi hreyfilsins.

Tilmæli:

RNSA beinir þeim tilmælum til umsjónamanna hreyfla af gerðinni Rotax 912, sem eru á flugvélum og fisum, að huga vel að því að tengi olíuleiðslna séu þétt þannig að loft komist ekki inn á olíukerfið á soglið þess.

Í ljósi þess að erfiðlega gekk að ná góðu símasambandi við Neyðarlínuna af Fúlukinnarfjalli vísar RNSA í fyrri ábendingu umferðarsviðs (málsnúmer 19-093U009) og hvetur fjarskiptafyrirtæki og fjarskiptasjóð til þess að halda áfram uppbyggingu á fjarskiptakerfi landsins og reyna eins og mögulegt er að fylla upp í göt sem finna má víða á landinu.



Skýrsluna samþykkja:

- Geirprúður Alfreðsdóttir, formaður
- Bryndís Lára Torfadóttir, nefndarmaður
- Gestur Gunnarsson, nefndarmaður
- Hörður Arilíusson, varamaður
- Tómas Davíð Þorsteinsson, varamaður

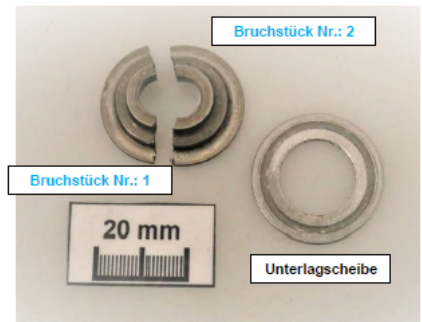
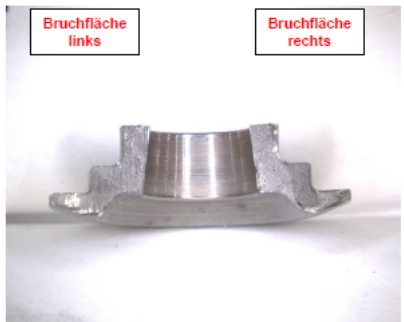
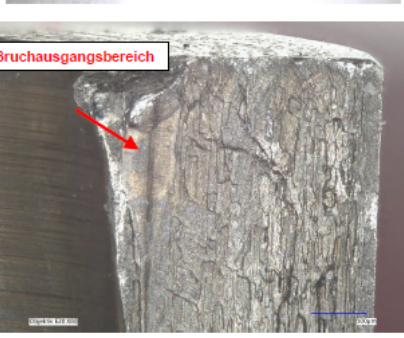
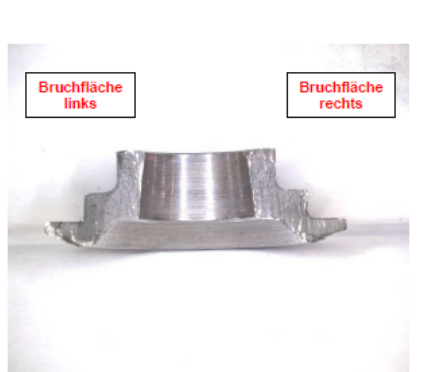
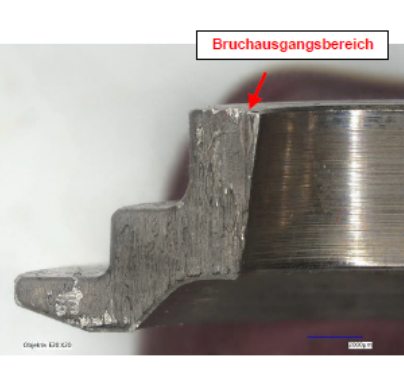
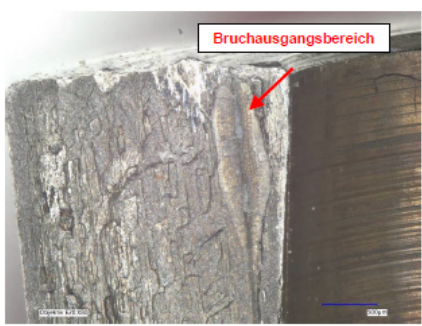
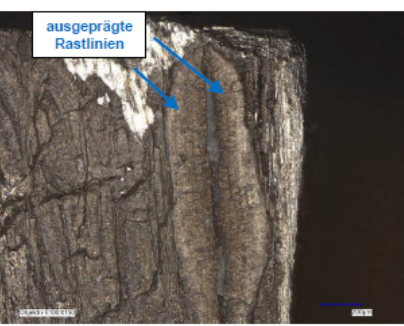






Reykjavík 27. apríl 2023

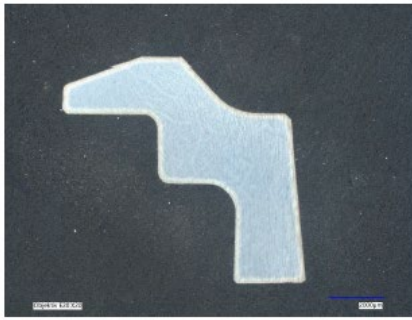
Fyrir hönd Rannsóknarnefndar samgönguslysa

Ragnar Guðmundsson
stjórnandi rannsóknar

3. VIÐAUKI

Myndir og skýringar úr efnisrannsóknarskýrslu framleiðandans:

	<p>← Bild 1 "Ventilfederteller + Unterlagscheibe" Übersichtsbild: Anlieferungszustand</p>	
	<p>Bild 2 → "Ventilfederteller / Bruchstück Nr.: 1" Makroaufnahme: Übersicht der beiden Bruchflächen</p>	
	<p>← Bild 3 "Ventilfederteller / Bruchstück Nr.: 1" Makroaufnahme: Bruchfläche rechts mit dem eingezeichnetem Bruchausgangsbereich (Detail aus Bild 2)</p>	
	<p>Bild 4 → "Ventilfederteller / Bruchstück Nr.: 1" Makroaufnahme: Bruchausgangsbereich mit klar erkennbaren Rastlinien (Detail aus Bild 3)</p>	
	<p>← Bild 5 "Ventilfederteller / Bruchstück Nr.: 2" Makroaufnahme: Übersicht der beiden Bruchflächen</p>	
	<p>Bild 6 → "Ventilfederteller / Bruchstück Nr.: 2" Makroaufnahme: Bruchfläche links mit dem eingezeichnetem Bruchausgangsbereich (Detail aus Bild 5)</p>	
	<p>← Bild 7 "Ventilfederteller / Bruchstück Nr.: 2" Makroaufnahme: lineare Fehlstelle im Bruchausgangsbereich (Detail aus Bild 6)</p>	
	<p>Bild 8 → "Ventilfederteller / Bruchstück Nr.: 2" Makroaufnahme: Rastlinien links und rechts neben der Fehlstelle</p>	



← Bild 13
"Ventilefederteller"
 Makroaufnahme: metallografisches Schliffbild mit dem eingebetteten Probestück (geätzt)

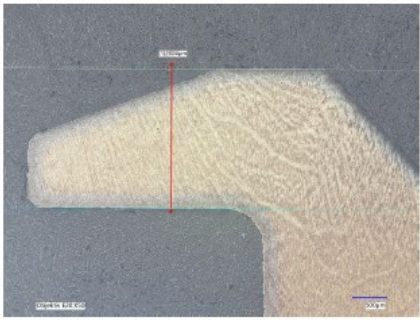
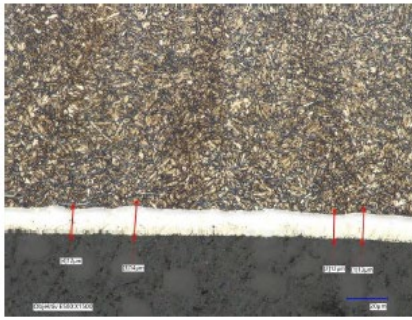


Bild 14 →
"Ventilefederteller"
 Makroaufnahme: Ermittlung SPC Wert = 2,004 mm



← Bild 15
"Ventilefederteller"
 LIMI – Aufnahme: äußerste Randzone → Verbindungsschichtdicke (12-14 µm)

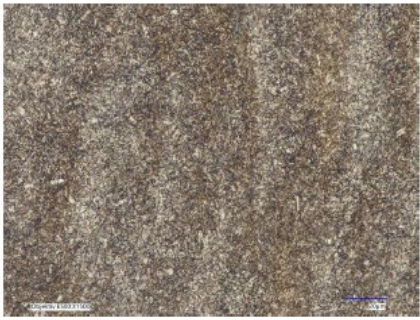
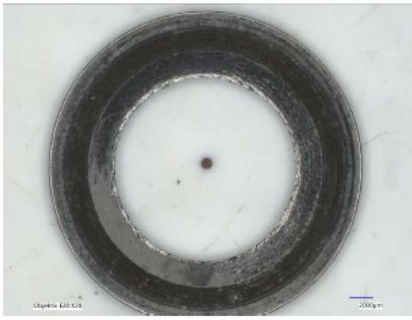


Bild 16 →
"Ventilefederteller"
 LIMI – Aufnahme: Kern → Bainit



← Bild 17
"Unterlagscheibe"
 Makroaufnahme: Übersichtsbild

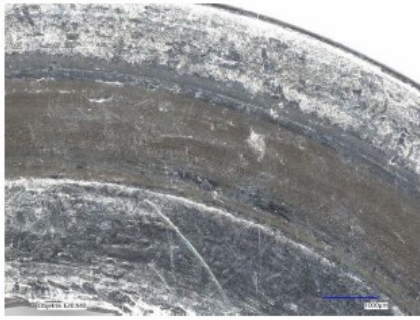
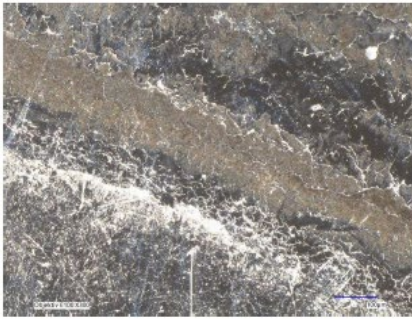


Bild 18 →
"Unterlagscheibe"
 Makroaufnahme: leichte Verschleißanzeichen



← Bild 19
"Unterlagscheibe"
 Makroaufnahme: leichte Verschleißanzeichen (Detail aus Bild 18)

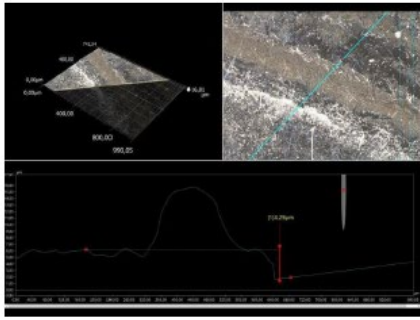


Bild 20 →
"Unterlagscheibe"
 3D – Aufnahme der Oberflächenbeschaffenheit bzw. Vermessung der Verschleißanzeichen (Detail aus Bild 19)