

Vaatimukset harrastelentokoneen kellukeasennukselle

Normi	HTN-003/21
pvm	8.4.2021

Lähteet:

- o ASTM F2245
- o CS-23
- o SPA Aug 14 2008, Peter M. Bowers , Dynamics vs. Buoyancy
- o FAA-H-8083-23 SEAPLANE, SKIPLANE, and FLOAT/SKI EQUIPPED HELICOPTER OPERATIONS HANDBOOK, 2004
- o Seaplane operations, Dale DeRemer 2003
- o NASA raportteja

MuutosHistoria:

HTN-003/18, 5.5.2018, ensijulkaisu

HTN-003/21, 8.4.2021, nopeuksiin täsmennys

Sisällys

1. Kellukeasennus	2	Mitat	11
Hyödyllistä tietoa koneesta ennen asennuksen alkua.	2	Kerroin K1	11
1.1 Kellukkeen koko	3	Materiaaliarvot	11
Tilavuus	3	3.5 Symmetrinen laskeutuminen	12
1.2 Portaen paikka	4	3.5 Epäsymmetrinen porraslasku	12
1.3 Asento	4	3.6 Pitkittäinen voima	12
1.4 Vastus	5	3.7 Ristiriipunta kelluessa	12
1.5 Asennuksen testaus pudotuskokeella?	6	4 Mitoitettavat kohdat	13
2 Mitoitustilanteet	6	4.1 Rikaus	13
2.1 Symmetrinen laskeutuminen	7	4.2 Pulttiliitokset	13
2.2 Symmetrinen nokkalasku	8	4.3 Vaijerit	13
2.3 Symmetrinen kantalasku	8	4.4 Laskentatulokset	13
2.4 Epäsymmetrinen porraslasku	8	5 Ohjeet	14
2.5 Pitkittäinen voima	9	5.1 Lento-ohjekirja	14
2.6 Ristiriipunta kelluessa	9	6 Kokeet	14
3 Mitoituskuormat	10	6.1 Vähintään	14
3.1 Geometria	10	6.2 Ongelmat	14
3.2 Lentomassa	10	7. Liitteet	14
3.3 Hitaussuhde	10		14
3.4 Määrittelyjä	11		
Pohjan V-kulma.	11		

1. Kellukeasennus

Tämä ohje käsittelee tavanomaista kellukekonetta, jossa on kaksi kelluketta rungon alla vierekkäin.

Kellukekoneen ja veneen ongelmat ja ratkaisut ovat pitkälti samanlaiset. Molempien pitää kellua ja molempien pitää oieta kohtuullisen kallistuman jälkeen, molempien pitää selvitä aallokossa ja muussa normaalitoiminnassa rikkoutumatta. Mitoissa, nopeuksissa ym on tietenkin eroja. Kellukekoneella on kuitenkin pari asiaa, jotka eivät veneessä ole ole-massa; vahva aerodynaaminen tuuliviirivaikutus ja potkurin vetovoiman aiheuttama nokka alas momentti. Lisäksi lentokoneessa vesikuormat syntyvät melko suurella nopeudella liikuttaessa, mutta taasen veneen pitää taas sietää selvästi suurempaa merenkäyntiä.

Tässä ohjeessa esitetyt yksinkertaistukset luovat asennuksen joka suunnilleen täyttää vaatimukset. Mikäli haluat, voit käyttää myös ASTM F2245, CS-LSA tai CS-23 mukaisia vaatimuksia sellaisenaan, mutta silloin näitä yksinkertaistuksia ei saa käyttää. Ts rusinoiden poiminta ei ole sallittua.

Hyödyllistä tietoa koneesta ennen asennuksen alkua.

Perusasiat on selvitettävä ensin; MTOW ja mikä tulisi olemaan todellinen maksimimassa jolla kellukkeiden kanssa lennetään? Tässä ei ole kyse sallitusta massasta vaan mikä se oikeasti on. Eli laske summa: lentokoneen tyhjämassa, polttoainekuorma, kellukkeet (tai arvio niistä), kellukkeiden kiinnitykset. Ihmiset joita tullaan kuljettamaan, heidän matkatavarat, vesilentämisen pakolliset varusteet (paukkuliivit, mela, köydet jne).

Ja sitten että kellukkeissa on aina jonkinverran vettä. Riippuen kellukkeen koosta, mutta kyllä pienessäkin kellukkeessa helposti ämpärillinen vettä on mukana.

Kaikki nämä on sitten se MTOW jota on järkevä käyttää laskelmissa.

Selvitä myös mikä olisi koneen asento juuri irtoamisen jälkeen ja juuri ennen laskua. Tämä käy asentomittarilla (kulmamitta) lentäessä. Esimerkiksi rautakaupassa myytävä ”digitaalinen vesivaaka” on täydellinen mittari tätä varten.

Kun kulmamittari on kiinni pitkittäin, niin lennä starttilaipoilla sellaista nopeutta jolla kone irrotetaan vedestä (V_{LO}) ja vastaavasti laskulaipoilla juuri siinä sakkauksen yläpuolella. Todellisuus laskuanopeudesta voi kyllä olla suurempi nopeus. Jos kone on kovin suuressa nokka ylös asennossa sakkauksessa, se ei ole turvallinen laskunopeus. Kun mittaus tehdään vaakalennossa (eli tehoa juuri niin paljon että korkeus on vakio), kulmamittari näyttää koneen asentoa arvoa. Kun tiedät mihin tasoon tämä kulma on sidottu (missä se kulmamittari on kiinni), niin sinulla on todellista tietoa kellukkeen asennon sovittamiseen.

1.1 Kellukkeen koko

Tilavuus

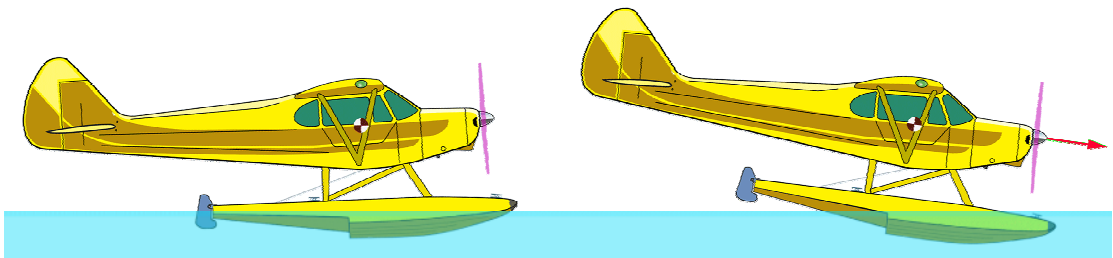
Kellukkeiden yhteenlasketun tilavuuden on oltava vähintään niin suuri, että kone pysyy pinnalla sen toimiessa uppouma nopeusalueella. Eli alle 10 km/h nopeudella.

Tarvittavaan tilavuuteen vaikuttaa kellukkeiden asennusleveys, koko koneen painopisteen korkeus ja kellukkeiden pituus.

Määräykset eivät puutu tähän asiaan, mutta itsesuojeluvaiston pitäisi toimia tässä asiassa. Suurissa ilmailumaissa, jossa tuotevastuu on olemassa, kellukevalmistajat eivät myy pienempää kelluketta kuin sellaista, jossa yhden kellukkeen tilavuus (kellutuskyky) on vähintään 110% koneen suurimmasta lentomassasta. Kellutuskyky on makeassa vedessä 3% pienempi kuin merivedessä. Ts järvi on kriittisempi.

Lisäksi kellukkeiden tilavuuden pituusjakautuman on oltava riittävä, ts kellukkeiden etuosan tilavuus on oltava riittävä vastustamaan moottorin nokka alas momenttia. Ja myös myötätuulikäännöksen ongelmaa.

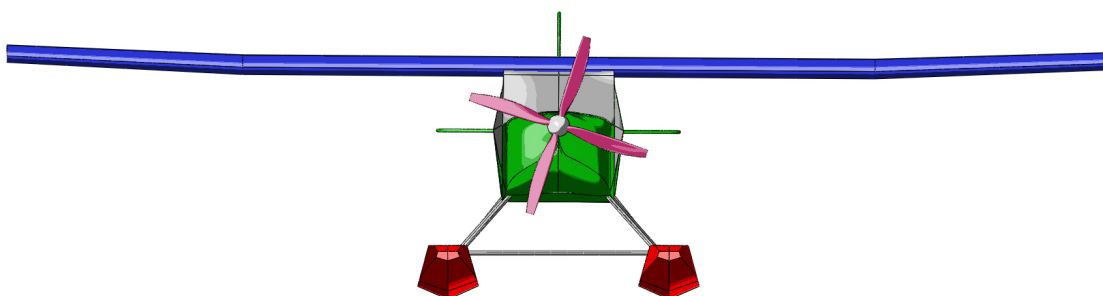
Nokka alas momentti moottorista, joka on korkealla, vaikuttaa eniten pienessä nopeudessa. Ja ainoa voima joka estää sukeltamisen on kellukkeiden etuosan tilavuus.



Koneen kelluessa paikallaan sopiva asento on sellainen, että kellukkeiden etupää on korkeammalla kuin takapää.

Takaosan tilavuuden on oltava riittävä nostamaan koneen takaosa myötääallokossa.

Kellukkeiden välinen etäisyydelle ohjearvo on 15-20% kärkivälistä. Kapea väli tekee suunnan pitämisen kuoppaisessa kelissä helpommaksi, mutta leveä väli taasen vakavoittaa konetta. Kuvassa 20% väli.

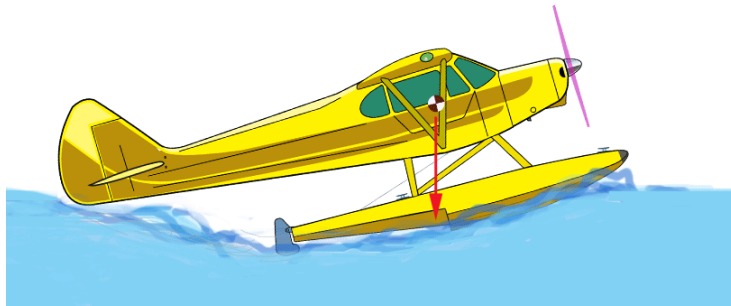


Kellukerikin sivutangot ovat käytännön syistä runkon alakulmasta jonnekin kellukkeen yläosaan. Leveys (ja rikin korkeus) on mielekkäin valita niin että tämä tanko ei ole liian pysty tai liian loiva. Kummastakin tulee rakenteellisia ongelmia. Kuvan noin 45 astetta on sopiva lähtökohta. 45 asteen kulma on myös rakenteellisesti lähellä optimia.

1.2 Portaan paikka

Porras sijoitetaan painopisteen takapuolelle, jotta kone pystyisi irtoamaan vedestä normaalilla tavalla. Porras on normaalisti suunnilleen siinä kohtaa missä nokkapyöräkoneella pääteline olisi.

Toinen seikka joka on otettava huomioon on se että portaalalle noustessa kone on melkoisen nokka ylhäällä asennossa. Jos porras on tässä tilanteessa painopisteen etupuolella, kone kallistuu taaksepäin ja kiihdytys vaikeutuu. Sopiva lähtökohta on sijoittaa porras pituussuuntaisen painopisteen kohdalle kun kone on maksimi C_L asennossa. Ota huomioon, että kun kone on pystyssä, myös painopisteen korkeuskohta koneessa on tiedettävä. Mitä korkeammalla painopiste on sen suurempi vaikutus kallistumalla on!

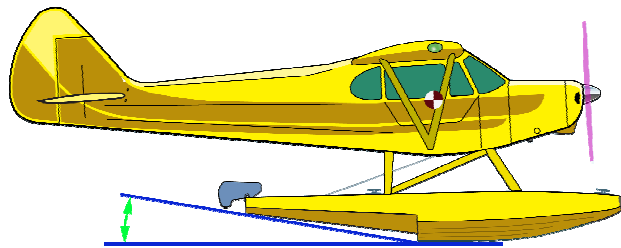


Kuvassa porras on siis liian edessä! Mutta koneen ollessa paikallaan (vaaka-asennossa), porras on painopisteen takapuolella.

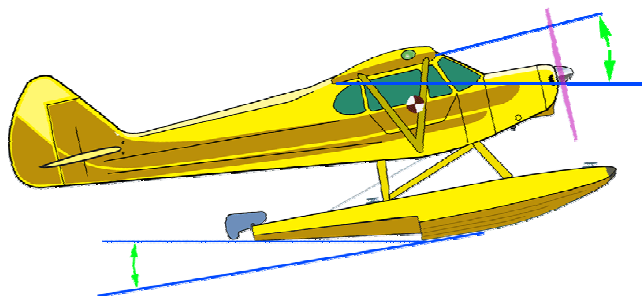
Portaan paikkaa haettaessa kannattaa ensin katsoa vastaavat muut koneet.

1.3 Asento

Kulma portaasta kellukkeiden takareunaan pitäisi olla sellainen, että kun kone on irtoamassa vedestä, kellukkeen kanta ei saa koskettaa veteen. Tällöin lähtökiidon loppuosan vastuksen kasvu on minimissään.



Jos kulma on sellainen, että tämän linjan ollessa vaakasuora siipi kehittää irtoamiseen tarvittavan nostovoiman (eli siiven kohtauskulma on pienempi kuin $\max C_L$ kulma), kellukkeiden takapään kulma on sopiva. Kuva alla on myös suurin laskennassa käytetty kulma laskussa.

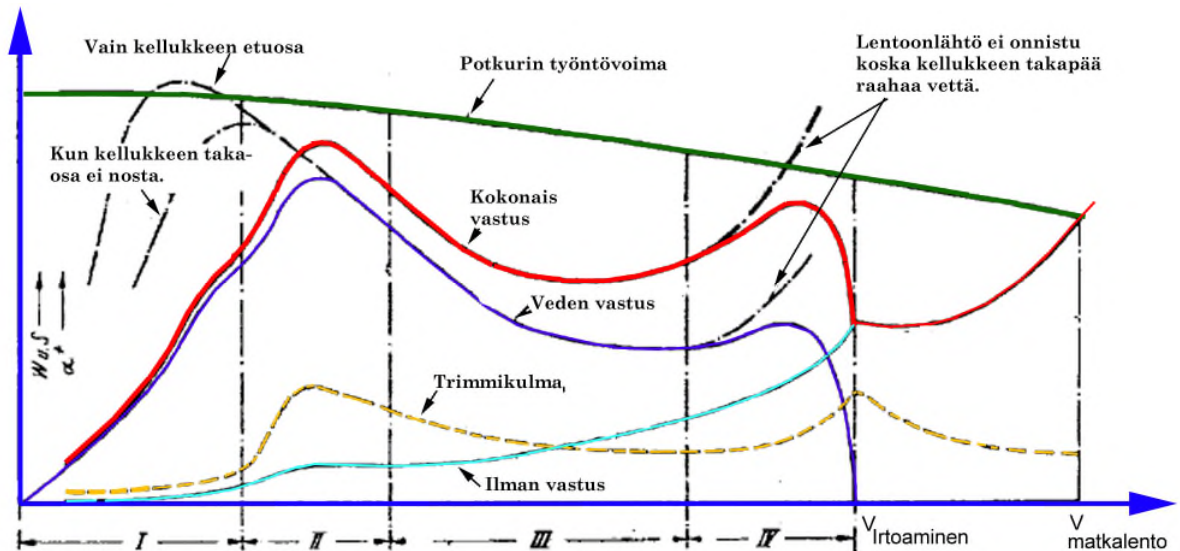


Kellukkeiden pohja on kuin liukuva vene. Liukuva pohja kehittää parhaan nostovoima/vastus suhteen jos liukuvan pohjan kulma veteen on noin 3-4 astetta.

Nyt meillä on sopivat kellukkeet ja niille on löydetty oikea paikka koneen alla. Ne pitää saada vielä kiinni runkoon.

1.4 Vastus

Lähtökiidon kokonaisvastus eri nopeuksilla vaikuttaa lähtökiidon pituuteen. Ja loppujen lopuksi siihen pääseekö kone ilmaan.



Kellukkeen vastus lento-önlähdössä on kaksivaiheinen. Alkuvaiheessa (I) sekä etu- että takapää kellukkeesta osallistuu painon kantamiseen. Jos kanta ei osallistu, vastus on suuri ja portaalle nousu vaikeutuu.

Kellukkeen leveys vaikuttaa melko suoraan portaalle nousuun nopeuteen. Portaalle nousunopeus on siinä kohtaa missä yhteisvastus on suurimmillaan (kuvassa keskellä II vaihetta).

Portaalle nousun jälkeen etupuolen pohja toimii liukuvan veneen tavoin. Pohjalla on oltava pieni kulma veteen nähden, jotta se kehittää nostetta. Ja siiven nostovoima kasvaa samalla. Nämä yhteensä nostavat koneen irti vedestä. Kellukkeen pohjan kulman ja siiven kohtauskulman yhteispeli on siis tärkein kompromissin paikka onnistuneelle konstruktiolle. Normaalisti koneen asento muuttuu koko lähtökiidon aikana, kuvassa oleva trimmikulma on koneen asento horisonttiin, + nokka ylöspäin.

Vaiheessa III liukuvan pohjan noste siirtyy taaksepäin, joten koneen trimmi siirtyy nokka alaspäin suuntaan. Siiven kohtauskulma siis pienenee tai vetoa on lisättävä.

Irtoamisvaiheessa (IV) kohtauskulmaa lisätään ja kelluke irta-aa vedestä ja kone on ilmas- ja jatkaa lentokoneena.

Mutta jos kellukkeen kantaosa ottaa veteen lähtökiidon loppuvaiheessa (kun koneen kohtauskulmaa lisätään), se lisää vastusta merkittävästi. Ja voi pahimmillaan estää koneen irtoamisen.

Erinäisistä lähteistä kulmaksi portaasta kellukkeen takareunaan on suositeltu arvoon 7 astetta. Se on kompromissi, joka on osoittautunut hyväksi. Muunkinlaiset kulmat toimivat, onhan olemassa kellukkeita, joista koko porras puuttuu, kone vedetään voimalla ilmaan.

Pieni kulma vaikeuttaa lähtökiidon loppupäässä, suuri kulma alkupäässä.

1.5 Asennuksen testaus pudotuskokeella?

Pyöräkoneille tarkoitettu pudotuskoe ei ole sovellettavissa kellukekoneelle. Pudotuskokeen parametrit ovat mitoitettu vain kovaa alustaa ajatellen. Vesi on aivan erityyppinen alusta.

Pudotuskokeen idea on simuloida varsinaista laskua. Ja pyörätelineellä joku korkeus vastaa sitä tietyllä liukukulmalla tehtyä loppulähestymistä. Miten liki se on sitä pudotuskorkeutta on taas toinen asia. Pudotuksessa kovalle maalle, liikkeen kiihtyminen päättyy suunnilleen siihen kun rengas koskettaa kovaa maata.

Vesikoneella pudotus ei anna oikeaa tulosta seuraavista syistä:

- paikallaan pudottaessa kiihtyminen ei lopu siihen kun köli osuu veteen. Varsinkin jos pohjassa on V kulmaa. Ensi sentit (helposti 10 cm) vesi ei anna putoavalle koneelle juuri mitään vastusta.
- mutta oikeassa laskussa veteen ensikosketuksen jälkeen vesi tarjoaa tiukan vastuksen. Koska koneella on nopeutta myös eteenpäin.

Esim. ultran mitoilla pudotuskorkeus olisi noin 25 cm, jona aikana nopeus on kiihtynyt arvoon noin 2,2 m/s (8 km/h). Vesi ei tuolla nopeudella tarjoa juurikaan mitään dynaamista vastetta (kokeile uimahallissa pudottaen vaikka vatsalleen 25 cm korkeudesta, ihan helppo juttu, ei taida edes vatsa punottaa sen jälkeen.). Vastaavasti kuvittele pudottavasi 25 cm korkeudesta lattialle (tekee kipeää).

Kone uppoaa lähes niin syväälle kunnes kellukkeen noste (= tilavuus) vastaa suunnilleen massaa (*kiihtyvyys). Eli aika syvälle.

Ja toisaalta hidastuvuus pläjäyksessä on aika pieni, koska matka jona hidastuvuus syntyy on pitkä. Helposti suurempi kuin tuo pudotuskorkeus 25 cm.

Mutta oikeassa laskussa kone etenee noin 70 km/h eli pyöreästi kymmenkertaisella nopeudella. Ja siinä nopeudessa vesi on tosi kovaa tavaraa. Kellukkeen pohja kohtaa siis veden nopeudella joka on eteenpäin nopeus + vajoamisnopeus.

Kuormat on ihan eri kertaluokkaa. Eli ajattele loikkaa vatsalleen veteen veneestä joka kulkee 40 solmua, voi tehdä kipeää. Tai uimahallissa hyppy 10 m tornista vatsalleen. Tosin nopeus siinä vasta 14 m/s = 50 km/h.

Jos sinä olet ollut vesikoneissa mukana, niin muisteleppa. Lasku joka on kova (eli paljon g:tä), kellukkeet ei uppoa juuri ollenkaan! Oli lasku miten kova tahansa, niin kelluke ei mene kuin partaaseen asti veteen. Sitten kun nopeus tippuu alle plaaniin nousunopeuden, niin sitten kyllä upotaan niin että parras on melko syvällä vedessä.

Summa summarum: Pudotuskoe kellukekoneella veteen ei kerro yhtään mitään! Jos kone kestää koossa paikallaan maassa, se kestää pudotuksen. Kun siinä pudotuksessa hidastuvuus on vain vähän yli 1 g:tä. Se ei siis ole ollenkaan pätevä testi.

Mutta jos kyse on **amphiokellukkeista**, niin pyörätelineellä pudotuskoe on käyttökelpoinen testi koskien pyöriä ja niiden ripustuksia.

2 Mitoitustilanteet

Tässä ohjeessa ei puututa itse kellukkeen sisäisiin voimiin tai kellukkeen sisäisiin ratkaisuihin. Tässä kerrotaan vain miten kelluke asennetaan lentokoneeseen siten, että lopputulos on turvallinen ja käyttökelpoinen.

Tilanteet, joita mitoitusta varten on arvioitava ovat:

- Symmetrinen laskeutuminen. Oppikirjamainen siisti laskeutuminen normi vajoamisella. Kolme variaatiota, keula edellä, portaalle tai kanta edellä.
- Epäsymmetrinen porraslasku. Lasku jossa kone ei ole aivan suorassa vaan kosketus tapahtuu hienoisessa sivuluisuudessa.

- Pitkittäinen voima. Kone rullaa päin suurempaa aaltoa (esim veneen peräaalto) ja kellukkeen etuosa sukeltaa aaltoon. Ja erityisesti laituriiin rullaus, jossa kellukkeen nokka osuu lopuksi laituriiin.
- Ristiriipunta kelluessa. Kone kelluu paikallaan ja joutuu ohikulkevan veneen peräaaltoon vinosti.

Kolme ensimmäistä ovat tilanteita, joihin ohjaaja voi vaikuttaa. Mutta viimeinen on ulkoinen häiriö. Se voi tapahtua siis kaikkein varovaisimmallekin lentäjälle.

Kaavoissa käytetään nopeus, joka vastaa laskeutumisnopeutta. Joten lentokäsikirjan/ohjekirjan sakkausnopeus ei sellaisenaan ole sovelias. Lentokäsikirjassa nopeudet pitää olla mittarinopeuksia, tässä taas pitää käyttää CAS nopeutta. Eli mittarinopeus korjattuvan paikkavirheillä. Toiseksi, varsinkin jos koneessa on etureunasolakot, sakkausasento on paljon enempi nokka ylös kuin kellukkeilla laskiessa voidaan turvallisesti käyttää. Jos kellukkeiden perä osuu veteen ja etupää on metrin ilmassa, syntyy reipas nokka alas momentti ja vähintään iso loiskahdus. Käytettävä ”sakkausnopeus” on siis oltava sellainen nopeus jolla kellukkeiden kanta osuu veteen samaan aikaan kuin porras.

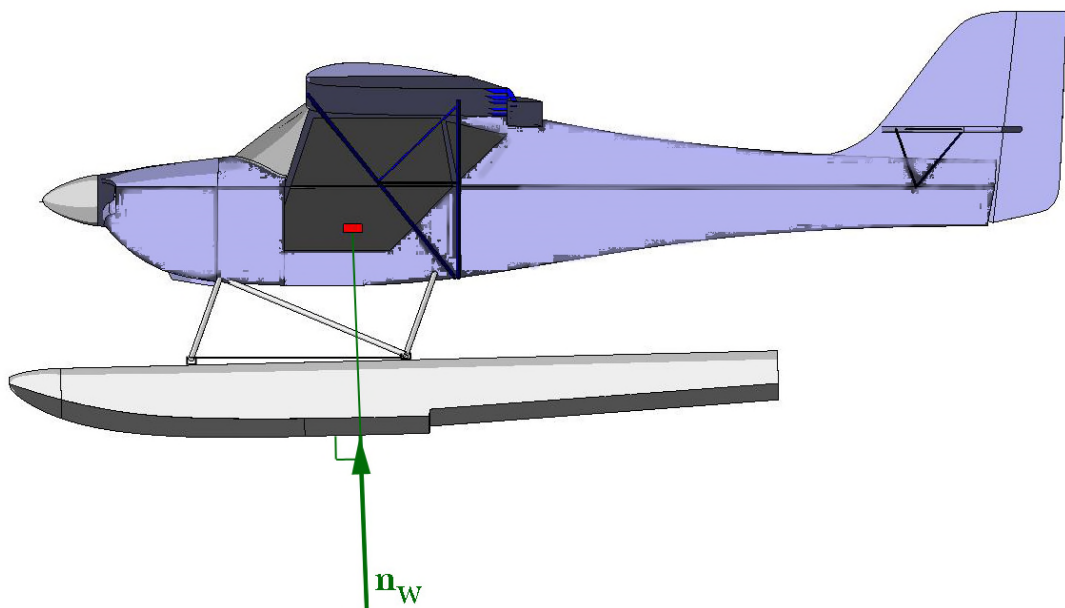
Nämä koskevat vain kelluketoimintaa. Jos kellukkeessa on myös pyörät (amfikellukkeet), niin pyörätelineen osalta noudatetaan perusnormin vaatimuksia. Näitä kellukkeen kiinnitystä koskevia vaatimuksia ei voida ohittaa pyörätelineen tosituksilla. Eli pudotuskoe pyörillä ei kerro mitään miten itse kellukevaatimukset täyttyvät. Toki kellukekiinnitysten pitää kestää tämäkin, jos kyse on amfikellukkeista.

2.1 Symmetrinen laskeutuminen

Oppikirjamainen siisti laskeutuminen normi vajoamisella. Portaan edessä vaikuttaa pysäytysvoima, kiihtyvyys lasketaan kaavasta:

$$n_w = \frac{CV_0^2}{(\tan \beta)^{2/3} W^{1/3}} \quad (\text{liitetaulukko laskee tämän})$$

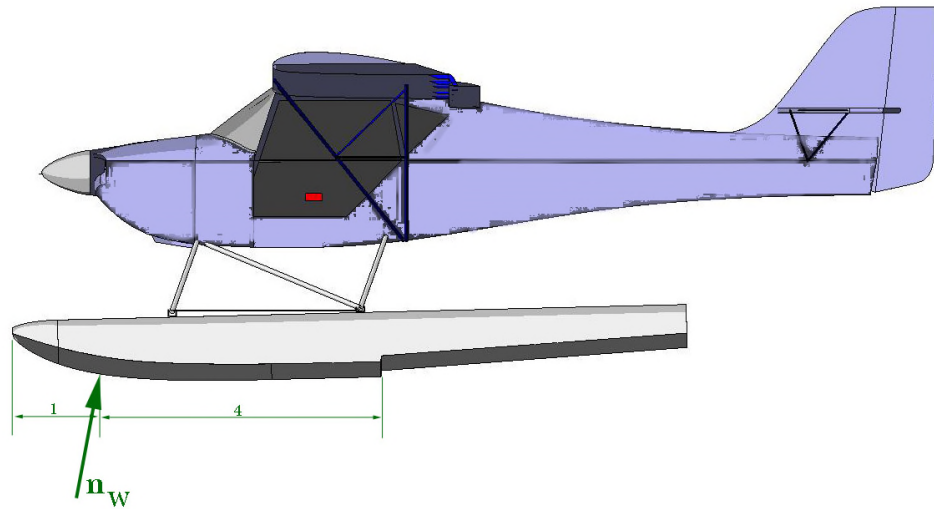
Voima vaikuttaa kohtisuoraan köliin siten, että voima vaikuttaa koneen painopisteen suuntaan. Tämä tarkoittaa että painopisteen etu ja takarajat on käsiteltävä erikseen. Voima lasketaan liitteen taulukolla viitteellä (LC1).



2.2 Symmetrinen nokkalasku

Lasku, jossa loppuveto hieman myöhästyy, kosketus tapahtuu kellukkeen etuosalla.

Voima vaikuttaa kohdassa joka on 1/5 etäisyydestä portaasta kellukkeen nokkaan. Voiman suunta kohtisuoraan kölilinjaan nähden (siinä kohtaa).

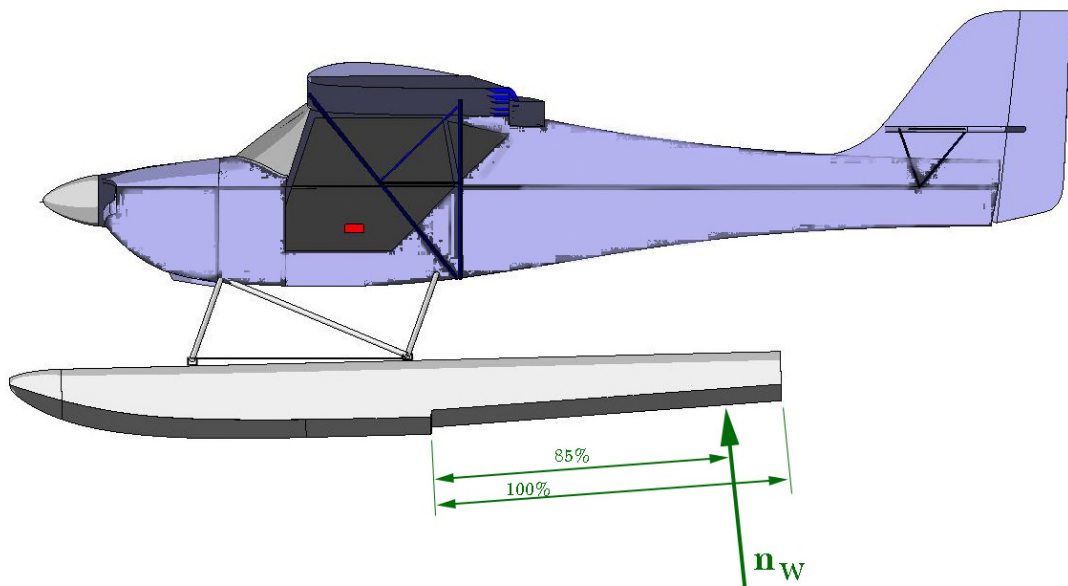


Samaa kuorman kohtaa käytetään ristiriipuntatilanteessa. (LC2)

2.3 Symmetrinen kantalasku

Lasku, jossa vedetään vähän liikaa, jolloin kosketus tapahtuu kellukkeen takaosalla.

Voima vaikuttaa kohdassa joka on 85% etäisyydestä portaasta kellukkeen takapäähän. Voiman suunta kohtisuoraan kölilinjaan nähden (siinä kohtaa).



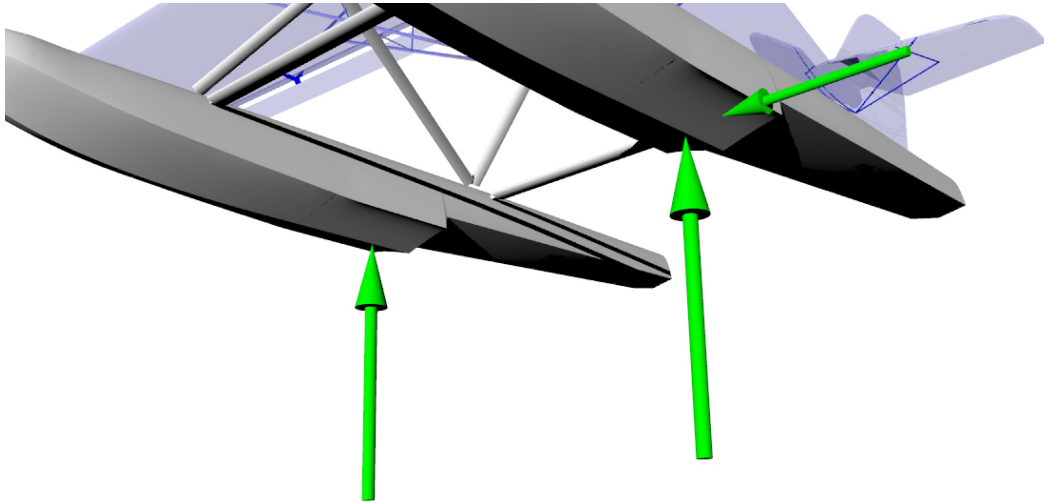
Samaa kuorman kohtaa käytetään ristiriipuntatilanteessa. (LC3)

2.4 Epäsymmetrinen porraslasku

Lasku jossa kone ei ole aivan suorassa vaan kosketus tapahtuu hienoisessa sivuluisussa.

Voimat vaikuttavat samassa kohden kuin symmetrisessä porraslaskussa.

Pystyvoima on 75% symmetrisen porraslaskun voimasta (kumpikin). Sivuttaisvoima vaikuttaa samassa kohtaa vaakasuoraan ulommassa kellukkeessa sisäänpäin. Vaakavoiman suuruus on $0.25 \tan \beta$ symmetrisen porraslaskun voimasta.

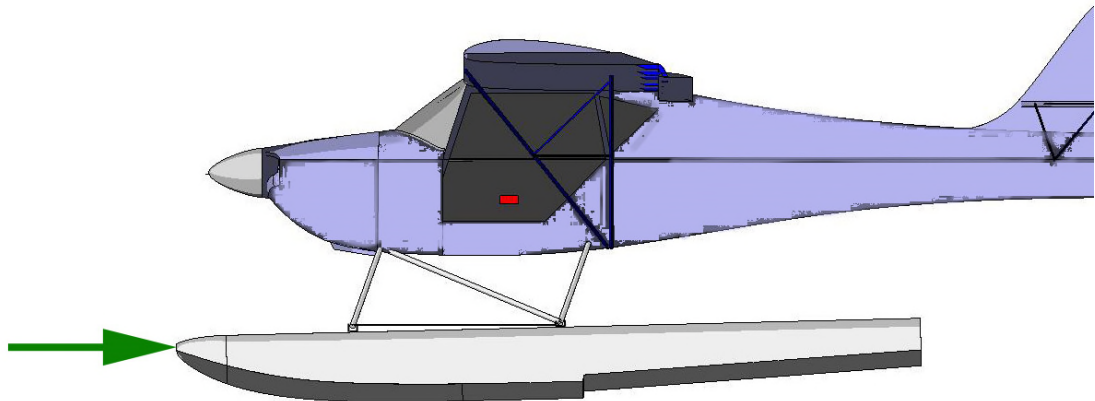


Liitetaulukon voimat viitteellä LC4. Huomaa että kolme voimaa, toisessa kellukkeessa vain ylös voima, toisessa samansuuruinen ylösvoima ja pienempi sisäänpäin voima.

2.5 Pitkittäinen voima

Kuvaa tilannetta, jossa kone rullaa päin suurempaa aaltoa (esim veneen peräaalto) ja kellukkeen etuosat sukeltavat aaltoon. Tai nojataan laituriin.

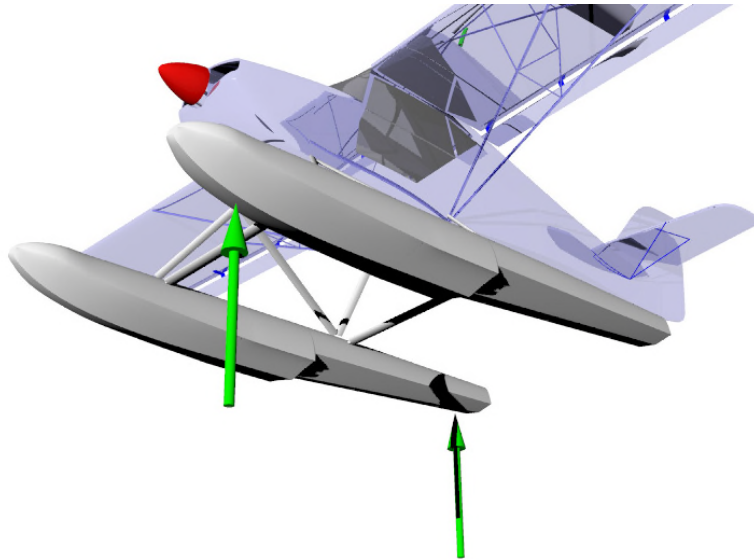
Voima on 25% koneen painosta kummankin kellukkeen osalta, yhteensä siis puolet koneen painosta. Voiman suunta vaakasuoraan kellukkeen etumaisesta pisteestä taaksepäin. Viite LC5.



2.6 Ristiriipunta kelluessa

Kone kelluu paikallaan tai pienellä nopeudella ja joutuu veneen peräaaltoon vinosti. Ohjaaja ei ole paikallaan tai ei pysty kääntämään konetta aaltoa päin. Veneen peräaalto on mekaanisesti muodostuva aalto ja se voi olla hyvinkin korkea jolla on lyhyt aaltopituus. Tilanteessa kellukkeiden vastakkaiset päät (kulmittain) ovat aallon harjalla ja toiset aallon pohjalla.

Kuormitus on pystykuorma samoissa kohdissa kuin keula ja perälaskuissa ja suuruus koneen MTOW suuruinen. Jakautuma kuormissa on koneen geometrian mukainen.



Viite LC6.

3 Mitoituskuormat

3.1 Geometria

Määritellään kellukeasennuksen rikauksen geometria. Rungon pään kiinnitykset ja niiden kestävyys eivät ole tämän ohjeen sisältöä.

Tässä tarvitaan lentokoneen valmistajalta tietoa miten he ovat rungon mitoittaneet.

Tässä oletetaan että valmistajalta, jolla on lentokoneen rungon suunnittelutiedot antaa tarvittavat tiedot.

3.2 Lentomassa

Määritellään laskennan maksimimassa MTOW.

Määritellään sallittu painopistealue. Mikä on kriittinen painopisteen paikka selviää laskennassa. Yleensä jompi kumpi pää alueesta ja se ei ole sama kaikilla kuormitustapauksilla.

3.3 Hitaussuhde

Tarvitaan laskennassa.

Suhde joka on mitattu samansuuntaisesti rungon referenssiakselin suuntaan, koneen painopisteestä. Suhde on kuormituskerrointa vastaavan kohdan vaakaetäisyys painopisteeseen. Jaettuna pituusliikkeen hitaussäteeseen.

Suhdetta laskiessa voidaan käyttää hitaussäteen likiarvoa:

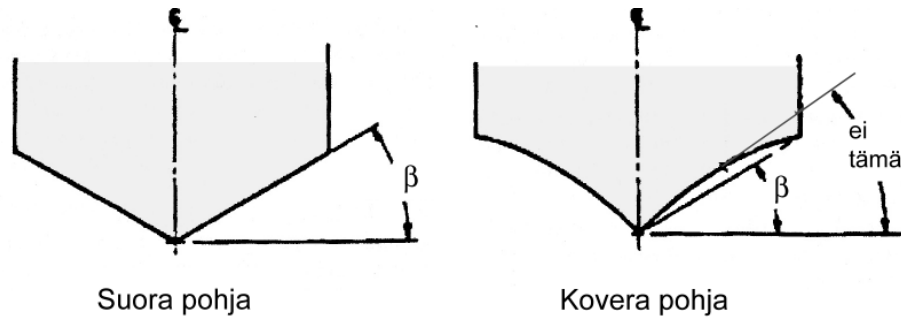
$$rx = \text{Neliöjuuri}((m \cdot g) \cdot (1,0674 \cdot \text{pituus} / 2)^2) / \text{massa}$$

Massa kiloissa, pituus metreissä.

Liitetaulukossa on käytetty tätä kaavaa ja tulos syntyy ilman lisäponnistuksia.

3.4 Määrittelyjä

Pohjan V-kulma.



kuva 1

Mitataan kölistä kellukseen ulkoreunaan. On se pienin kulma joka kuvan mukaisesti voidaan mitata. Aseta esimerkiksi viivain avuksi.

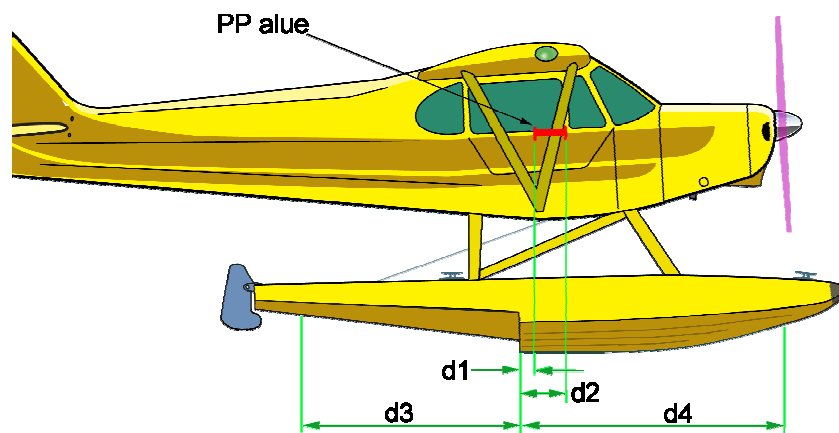
Pohjassa olevia nousulistoja ei tarvitse huomioida, mutta pallekulman levitys on otettava mukaan. Mikäli köli on leveä (alle 20% kellukseen leveydestä), mittaus tehdään keskilinjaa ja kölilevityksen puolivälistä. Jos kölilevitys on yli 30% kellukseen leveydestä V-kulma mitataan kölilevityksestä.

Kellukseen omaa joustavuutta ei huomioida, sillä sen vaikutus on olemattoman pieni (pehmentävä vaikutus näkyy tärinöissä, ei laskeutumisiskussa).

Sijoita laskentataulukon kohtaan beeta (pohjan kulma)

Mitat

Laskentataulukkoon tarvitaan tiettyjä mittoja asennuksesta.



Kellukkeiden kohtia, joista d3 ja d4 mitataan, katso 2.2 ja 2.3

Kerroin K1

Kuormituksia laskettaessa pystyvoimiin tarvitaan empiirinen kerroin K1.

Nokka laskussa K1 arvoksi tulee 1,4 ja kantalaskussa K1 0,906. Tämä on valmiina laskentataulukossa.

Materiaaliarvot

Mitoituskohtien materiaaliarvot on määriteltävä.

Näitä ovat:

- rikiputkien sallitut jännitykset
- rikiputkien kimmokerroin (nurjahdusta varten)
- Pulttiliitosten sallitut pintapaineet
- Pulttien leikkauslujuudet

3.5 Symmetrinen laskeutuminen

Kuormitus lasketaan kaavasta

$$n_w = \frac{C_1 V_{s0}^2}{(\tan \beta)^{2/3} W^{1/3}}$$

jossa

- n_w = kuormituskerroin tässä tilanteessa (eli vedestä aiheutuva voima jaettuna vesikoneen massalla). Minimiarvo 2,33
- C_1 = empiirinen kerroin 0,012.
- V_{s0} = vesikoneen sakkausnopeus ilman tehoa, laipat täysin auki, solmuissa. (CAS ja asento enintään sellainen jossa kellukseen kanta ja porras olisi yhtä aikaa koskettamassa)
- β = pohjan V-kulma. Määrittely kohdassa 3.4. Pituussuuntainen kohta aina siitä kohtaa missä kuormitus määritellään.
- W = vesikoneen suunnittelun massa newtoneissa,

Taulukko laskee tämän ja muutkin kaavat puolestasi. Tässä tekstissä kaavat jätetty jatkossa pois.

3.5 Epäsymmetrinen porraslasku

Pystyvoima on 75% symmetrisen porraslaskun voimasta (kumpikin). Sivuttaivoima vaikuttaa samassa kohtaa vaakasuoraan ulommassa kellukkeessa sisäänpäin. Vaakavoiman suuruus on 0.25 tan β symmetrisen porraslaskun voimasta.

3.6 Pitkittäinen voima

Voima vastaa hyvän potkurin vetoa, joten kyse on enemmän rakentamisen laadunvalvonta.

Kuorma voidaan testata seuraavasti; kone asetetaan kellumaan vasten laituria. Moottoripellit otetaan pois ja konetta vedetään päin laituria moottoripukista. Tarvittaessa pyrstöä pitää vetää alaspäin, jotta kone pysyy vaaka-asennossa.

3.7 Ristiriipunta kelluessa

Laskettaessa kellukkeiden voimat on suhteutettava siten, että voimat ovat tasapainossa painopisteen suhteen. Siis statiikan säännöillä, käyttäen etäisyyttä painopisteestä.

Kuormitus helposti kokeiltavissa hallissa. Tämä onkin ainoa tapaus edellisen lisäksi, joka voidaan helposti todeta koekuormituksella, kaikki muut tapaukset on tehtävä laskennallisesti. Asetetaan kellukkeiden päihin sopivat tunkit, jotka tukeutuvat kellukseen pohjaan. Tunkin ja kellukseen väliin saa asettaa tarvittavat pehmikkeet ja kuormaa laajemmalle jatkavat tuet. Ilman kuorman jakoa tunkki voi mennä kellukseen läpi, se ei ole tarkoitus.

Kokeile ensin kone tyhjänä. Lastaa kone sitten vastaamaan MTOW massaa.

Kumpaakin tunkkia nostetaan, kunnes kone on kokonaan tunkkien varassa. Rakenne (rikkas) saa joustaa, mutta jos rikki joustaa niin paljon, että kone ei nouse kokonaan tunkkien varaan, rakenne ei ole hyväksyttävissä.

Mittaa kellukkeiden kärkien taipumat (tukipisteen kohdalta kellukseen päältä). Taipumien ero saa olla enintään 50 mm.

Tunkkien liike ei ole tässä tarkoitettu taipuma, tarvitset siis tunkit, joiden liike on selvästi yli tuon 50 mm. Varsinkin pehmeällä kellukkeella kelluke todennäköisesti painuu kasaan tunkkauskohdista. Mittaa siis taipuma kellukseen päältä.

4 Mitoitettavat kohdat

4.1 Rikaus

Rikauksessa olevien profiilien pituussuuntaiset voimat on määriteltävä kaikille kuormitustapauksille.

Tämä voidaan tehdä FEM ohjelmistolla sauvaelementeillä, siten että rungon kiinnitykset ovat kiinteät tukipisteet. Samoin itse kelluke voidaan mallintaa sauvoilla (kehikkona) tai palkkielementein. Kellukemallissa oleellista on että kohdat, joihin voimat viedään sisään ovat olemassa.

Rikauksesta määritellään muodonmuutokset, rikiputkien jännitystila ja nurjahdusvoimat. Tästä laskennasta saadaan myös arvot pulttiliitosten ja vaijereiden arviointiin.

Muu kuin FEM mallinnus ei ole hyväksyttävissä näillä yksinkertaistuksilla.

4.2 Pulttiliitokset

Rikiputket on kiinnitetty päistään kellukkeisiin tai runkoon. Jos kiinnitys on tehty niiteillä, tätä voidaan käyttää niiden laskemiseen. Niittit lasketaan siis löystyneenä (pintojen puristusta/kitkaa ei siis huomioida).

Kaikki pulttiliitokset, pulttien ja korvakkeiden pintapaineet on määriteltävä.

Käytettävä varmuuskerroin pintapaineelle (bearing stress) on vähintään $(1,5 \cdot 1,15 \cdot 1,2 =) 2,07$.

Sallittu pintapaine on määriteltävä hyväksytyjä lähteitä käyttäen.

Pulttiliitoksista on määriteltävä myös pulttien leikkauslujuudet.

4.3 Vaijerit

Rikauksen jäykistämiseen käytettävien vaijerien mitoituksessa on selvitettävä:

- kriittinen kuormitustilanne vaijerille ja silloin siinä vaikuttava kuorma,
- vaijerin ja sen helojen sallittu vetolujuus on oltava vähintään $1,5 \cdot 1,15 \cdot = 1,725$ kertainen määriteltyn kuormitukseen nähden.

4.4 Laskentatulokset

Kaikkien kohtien (4.1 – 4.3) laskentatulokset (yhteenvedot) on liitettävä rakennuskertomukseen.

Mikäli on tehty koekuormituksia (3.6 – 3.7), niiden raportit on liitettävä rakennuskertomukseen tai rakennussuunnitelmaan

5 Ohjeet

5.1 Lento-ohjekirja

Vähimmäisvaatimukset kelluketoiminta liitteelle:

- asennusohjeet, joissa vähintään osaluettelo tarvittavista osista.
- erityisohjeet lentotoiminnasta, vähintään ne asiat jotka poikkeavat yleisistä kelluketoimintaohjeista (esim FAA-H-8083-23).

6 Kokeet

6.1 Vähintään

Kelluntakokeet ennen ensimmäistäkään rullausta on ehdottomasti hyödylliset.

Lastataan kone maksimipainoon ja mennään uimaan kelluvan koneen luo. Jos pystyt nousemaan kellukkeen etupään päälle, ilman ongelmia, etupään kelluttavuus on ehkä riittävä. Takapään suhteen tarve ei ole niin suuri, mutta tämäkin kannattaa kokeilla.

Sitten päästääkin rullauskokeisiin ja aikanaan koelentoihin.

Vähintään selvitettävä:

- ohjattavuus rullatessa 15 km/h tuulella. Konetta ei saa ajaa portaalle eikä tehoa käyttää yli ½ maksimista. Jos ohjailu ei onnistu uppoumanopeudella on vesipe-räsintä suurennettava kunnes onnistuu.
- Ilmassa suuntavakavuus. Usein kellukeasennus vähentää suuntavakavuutta ja pyrstöön tarvitsee lisäsivupintaa. Kokeillaan painamalla jalkaa ja vapauttamalla molemmat jalat kokonaan. Sivuluisun pitää palata suunnilleen nollaan.
- Matkalentonopeus ja kulutus yhdellä tehoasetuksella. Näiden todelliset numero-arvot selvitettävä.

6.2 Ongelmat

Ongelmakohtia, jotka paljastuvat vasta lentokokeissa ovat:

- portaalle nousun vaikeus,
- nyökkiminen lähdössä ja laskussa,
- ilmassa suuntavakavuuden puute.

Kahteen ensimmäiseen pikakorjaus on portaan paikan siirtäminen. Portaan siirtäminen taaksepäin helpottaa portaalle nousua. Portaan siirtäminen eteenpäin vähentää nyökkimis-ilmiötä.

Liian pieni kulma, joka siis ilmenee että lähtökiitoa pitää jatkaa selvästi irtoamisnopeuden yli ja että laskussa kellukkeen kanta tuppaa ottamaan aina veteen ensimmäisenä. Tähän korjaus on yksinkertaisesti kellukkeen asennon muuttaminen.

Samoin liian suuri kulma on jopa vaarallinen virhe, jolloin siis irtoaminen tapahtuu ennaikojaan, ja laskussa kellukkeen etupää osuu veteen ensin.

7. Liitteet

Taulukkolaskin taulukko, jolla tämän ohjeen kuormat voidaan laskea.
