

## **Võimalikud uuendused navigatsioonisüsteemides ja nende hooldusteostamisel**

Aeronavigatsiooni süsteemid on olnud ilma suuremate täiendusteta juba ligi 40 aastat. Üks raskemaid ülesandeid, mida piloot peab täitma on sujuv ja ohutu maandumine. Abivahendid maandumiseks töötati välja, et aidata pilootidel leida õige maandumiskurs ja muuta maandumine turvalisemaks. 1960ndatel lendasid piloodid punktist A punkti B kasutades äratuntavaid vaatamisväärsuseid, ehitisi, järvesid, mäetippe ja palju muud. Lennuki juhtimine oli visuaalne protsess, mille abil arvutati välja oma asukoht vastavalt maamärkidele. Hetkel kasutusel olevad navigatsioonisüsteemid pakuvad küll tuge navigeerimisel kindlate näidikute alusel, kuid neil puudub uus nõutava jõudlusega navigeerimine ning nad vajavad palju hooldust.

Põhilised navigatsioonisüsteemid, mida üle kogu maailma kasutatakse on *global positioning system* ehk GPS, *instrumental landing system* ehk ILS, *VHF omnidirectional range* ehk VOR, *non directional-beacon* ehk NDB, *distance measuring equipment* ehk DME ja *automatic direction finding* ehk ADF. Kõik need seadmed on välja töötatud 1900ndatel ning ei ole kaasas käinud tehnoloogia arenguga. VOR-id tuletati vanast 4käigulisest raadioulatusest 1920. aastate lõpust ja 1930. aastatest. Populaarseks muutus 1950. aastatel. Eesti näitel kaotataksegi enamuse VOR seadmed ning ainukesena jääb lennuliiklust korraldama Ämari Lennubaasis asuv seade. Seda seetõttu, et lennundus on liikumas kõrgsageduslikust VOR põhiseisest marsruudistruktuurist *Performance Based Navigation-i* (PBN). Marsruudid ja protseduurid asendavad VOR-i ja tagavad pilootidele parema täpsuse, kättesaadavuse, terviklikkuse ja järjepidevuse satelliidipõhise PBN-i abil. (ICAO, 2019)

Pikemas perspektiivis lennuliiklus kogu maailmas kasvab. Siiski on 2019. aastast alates COVID-19 lennuliiklust väga palju muutnud- nii reisipiirangute kui ka nendele järgnenud majanduslangusega. IATA andmetel vähenes reisijateveo õhustransport võrreldes eelmise aastaga aprilliga 90% ning on augustis endiselt 75%. (OECD, 2020) Sellest sõltumata on siiski inimestel vajadus lennata, olgu eesmärgiks ärireis või puhkusereis. Lennuliikluse kasvu prognoositakse 5% aastas. See tähendab, et insenerid peavad välja töötama süsteemi, mis tagab

suurema lennuliikluse läbilaskevõime. Üks potentsiaalne lahendus on kontseptsioon *Future Navigation Systems* ehk FANS. FANS pakub kosmosepõhist meetodit suurenenud lennuliikluse korraldamiseks. See hõlmab muudatusi lennukites, infrastruktuuris ja maapealsetes süsteemides. (Boeing, 2016) Tuleviku aeronavigatsiooni süsteem muutub üha atraktiivsemaks, kuna aitab tõhusamalt toime tulla praeguse liiklustaseme ja tulevikus oodatava liikluse suurenemisega. Praegune lennuliikluse süsteem põhineb maapealsetel navigatsioonivahenditel, radaritel ning kommunikatsioonil. FANS tugineb kosmosepõhisele navigeerimisele ja kommunikatsioonile ning on välja töötatud Boeing poolt. (Honeywell, 2019) Põhimõtteliselt on FANS piloodi ja lennujuhi vaheline otsesuhtlemise vahend andmeside kaudu. Seda saavutatakse näiteks *Controller Pilot Data Link Communication* CPDLC rakendust kasutades. FANS on võtmeroll paljudes erinevates *Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management* CNS/ATM strateegiate toetamisel ja arengul. (Boeing, 2016) Digitaalne andmeside lennumeeskonna ja lennujuhi vahel vähendab oluliselt vigade tekkimise võimalust ja võimaldab paremini jagada õhuruumi. Side ja navigatsiooni kombineerimisel on võimalik vähendada nõutavaid eralduskaugusi lennukite vahel, mis lubab lennukitel lennata optimaalsel kõrgusel kulutades samaaegselt vähem kütust.

Lisaks kasvavale lennuliiklusele, pidades silmas põhiliselt reisi- ning kaubalennukeid, on ka populaarne mehitamata õhusõidukite käitamine meie õhuruumis. Üha rohkem kasutatakse mehitamata õhusõidukeid nii tsiviil- kui ka sõjalistes rakendustes. Seda sellepärast, et tihti on väikesel *Unmanned aircraft* UA-l võimekus täita suurema manööverdusvõime ja pikema vastupidavusega ülesandeid ning nad kujutavad vähem ohtu inimese elule ja loodusele. UA integreerimiseks praegusesse ja lähitulevikus eraldamata õhuruumi jaoks vajavad nad parandatud navigeerimisvõimalusi, et täita mehitatud õhusõidukitele nõutavaid navigatsiooninõudeid ja tulla toime vähendatud vertikaalse eraldamise miinimumidega. Üks probleem, mida tuleks lahendada on GPS-i terviklikkus. Tavaline UA navigatsioonisüsteem tugineb sageli GPS- ja inertsianduritele (INS). (Petrovska, 2018) Kui GPS muutub kättesaamatuks, siis ei saa mehitamata õhusõiduki kontrollida ning selletõttu kaotab droon juhitavuse. GPS signaal on üsna habras, kuna on vastuvõtlik erinevatele peegeldustele ning signaale on kerge segada. Uus navigatsioonisüsteem peaks suutma toime tulla GPS-i võimalike probleemidega. Üks potentsiaalne lahendus põhineb UA-l navigatsioonisüsteemi täiustamisel

sobiva nägemissüsteemi abil ehk luua visioonipõhine autonoomne maandumisfunktsioon, mis suudab UA maanduda autonoomselt ilma GPS-i asukohateavet kasutamata. (ICAO\_UA, 2011)

Kuigi navigatsiooniseadmed on töökindlad ning pikka aega tõestanud vastupidavust ja funktsionaalsust, on eksperdid veendunud, et traditsioonilised maapealsed süsteemid jäävad turule kui vajaliku varusüsteemina. Bill Stone on öelnud: „Traditsioonilistelt maapealsetelt navigeerimis abivahenditele on üle mindud RNP-põhisele kontseptsioonile.“ Samuti on leidnud palju kõlapinda GNSS navigatsioonisüsteemide kasutamine. GNSS on tegelikult PBN peamine allikas ning GNSS on ise kõikehõlmav ICAO mõiste globaalse satelliitnavigatsioonisüsteemide kohta. Tehnoloogia arenguga muutuvad ka satelliidipõhised navigeerimised. PBN-i kasutamisel kasutatakse neljandat dimensiooni, mis tähendab et kontrollitakse konkreetselt saabumisaegu. Sellega paraneb selgelt lennujaama vastuvõtlikkus lennuliiklusele ning suureneb ohutus. (ICAOmanual, 2008)

Teine oluline pidepunkt on *Required Navigation Performance* ehk RNP, mis sai alguse küll ärilennundusest kuid on nüüd kommertslennufirmade poolt samuti kasutusele võetud. (AviationToday, 2014) See on navigeerimismeetod, mis tahes soovitud lennutrajektooriga maa- või kosmosepõhiste navigatsioonivahendite levialas. *Area navigation* ehk RNAV on PBN üks variante mis loob mitmeid eeliseid:

- 1) Väheneb lennuaeg
- 2) Kütuse- ja süsihappegaasi vähendamine
- 3) Vektoriseerimise sõltumatus
- 4) Muutused õhuruumis (kiirus, kõrgus ja kommunikatsioon)
- 5) Efekttiivne õhuruumi kasutamine

Tähelepanuväärne edasimineku on GPS- navigeerimise kasutamine lennujaama lähenemiste jaoks ehk *Ground-Based Augmentation system* (G-BAS). G-BAS võtab satelliitnavigatsiooni ja ühendab selle maapealsete seirejaamade vigade parandustega, et saada täpsem asukoht, mis suudab efektiivsemalt juhtida õhusõidukit *Instrumental landing system category I* ehk CAT 1 korral (Otsustamise kõrgus 200 jalga). G-BAS pakub võimalust muuta või luua lähenemisprotseduure ilma infrastruktuuri muutusteta. G-BAS ja sellega seotud uuendatud

protseduurid pakuvad märkimisväärset ohutust ja majanduslikku väärtust, kuna G-BAS toetab keerukaid protseduure ja terminali marsruute samaaegselt suurendades läbilaskevõimet. (FAA, 2016)

Lennuki ühest punktist teise liikumine ilma probleemideta on keeruline ja oluline protsess, seda tuleb teha ohutult ning tähelepanuväärselt. Varem oli lennuki peal eraldi navigaator, kes lihtsaid matemaatilisi tehteid tehes arvutas välja pidepunktid ning positsiooni. Tänapäeval on aeronavigatsioonist saanud kunst, mis läheneb täiuslikkusele. Õhusõidukitel on võimalus lennata tuhandeid miile ülima täpsusega. Kuna vanad seadmed jäävad toetama uuenenud versioone ja satelliitsidet, siis nende hoolduste teostamine jääb samaks. Traditsiooniliste maandumisseadmete hooldustööd on küll mahukad, kuid leian, et nende hooldustel on vaja inimest, et vastavate mõõtevahenditega otse seadmest mõõtevigu kontrollida. Mõõteallikast saab täpsema mõõtetulemuse kui läbi arvutisüsteemi ning tänapäeval on hooldus suuresti arvuti näitude kontrollimine. Tulevik navigatsioonis põhineb peamiselt erinevate kontseptsioonide loomisel ning vanade täiustamisel. Enamus navigatsiooniseadmeid ning funktsioone soovitakse üle viia satelliitsidele tema täpsuse ning terviklikkuse tõttu. Satelliitside vähendab mahukaid hoolduseid maapealsetel seadmetel ning parandab lennuliiklust kui tervikut.

## **Kasutatud kirjandus:**

OECD. (2020). Retrieved from

<http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/covid-19-and-the-aviation-industry-impact-and-policy-responses-26d521c1/>

Honeywell. (2019).

Retrieved from <https://www.theairlinepilots.com/forumarchive/quickref/fans.pdf>

ICAO. (2019).

Retrieved from <https://www.icao.int/safety/pbn/miscellaneous%20items/pbn%20faqs.pdf>  
manual, I. (n.d.).

Retrieved from <https://www.icao.int/sam/documents/2009/samig3/pbn%20manual%20%20doc%209613%20final%205%2010%2008%20with%20bookmarks1.pdf>

ICAOmanual.(2008).Retrieved from

[https://www.icao.int/sam/documents/2009/samig3/pbn%20manual%20](https://www.icao.int/sam/documents/2009/samig3/pbn%20manual%20%20doc%209613%20final%205%2010%2008%20with%20bookmarks1.pdf)

[%20doc%209613%20final%205%2010%2008%20with%20bookmarks1.pdf](https://www.icao.int/sam/documents/2009/samig3/pbn%20manual%20%20doc%209613%20final%205%2010%2008%20with%20bookmarks1.pdf)

FAA.(2016).Retrieved from

[https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ato/service\\_units/techops/navservices/gnss/laas/benefits/](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/laas/benefits/)

Boeing.(2016).Retrieved from

[https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero\\_02/textonly/fo02txt.html](https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_02/textonly/fo02txt.html)

AviationToday. (2014).

Retrieved from <https://www.aviationtoday.com/2014/10/01/en-route-evolving-navigation-systems/>

Griffin. (2015). Aircraft Navigation - a paradigm shift?

Petrovska, O. (2018). Aircraft Precision landing using integrated GPS/INS system.

Spohnheimer, N. (2014). Problems and solutions for navaid airborne and ground measurements - focus on receiver sampling and tch .

A.Today. (2015). Retrieved from <https://www.aviationtoday.com/2015/02/01/using-nextgen-to-improve-aircraft-navigation/>

Chialastri, A. (2015).

Retrieved from [https://cdn.intechopen.com/pdfs/37990/intechautomation\\_in\\_aviation.pdf](https://cdn.intechopen.com/pdfs/37990/intechautomation_in_aviation.pdf)

Ethos, U. S. (2020).

Retrieved from [https://www.cool.navy.mil/usn/LaDR/etv\\_e1\\_e9.pdf](https://www.cool.navy.mil/usn/LaDR/etv_e1_e9.pdf)  
AviationChief. (2015).

Retrieved from <http://www.aviationchief.com/ils.html>

FAA. (2020).

Retrieved from [https://www.faa.gov/nextgen/how\\_nextgen\\_works/](https://www.faa.gov/nextgen/how_nextgen_works/)

ICAO-UA.(2011).Retrievedfrom

[https://www.icao.int/meetings/uas/documents/circular%20328\\_en.pdf](https://www.icao.int/meetings/uas/documents/circular%20328_en.pdf)