

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL EESTI MEREAKADEEMIA

Merenduskeskus

Veeteede lektoraat

Arvi Arak

DGPS KASUTATAVUSE UURING AIS ANDMETE ALUSEL

Lõputöö

Juhendaja: Tiit Palgi

Tallinn 2015

Olen koostanud töö iseseisvalt.

Töö koostamisel kasutatud kõikidele teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele on viidatud.

Arvi Arak

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 140401VDVR

Üliõpilase e-posti aadress: arvi.arak@gmail.com

Juhendaja Tiit Palgi:

Töö vastab bakalaureusetööle esitatud nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(ametikoht, nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

ABSTRAKT	5
SISSEJUHATUS	6
1. ÜLEVAADE PÕHIMÕISTETEST	8
1.1 GPS tööpõhimõte	8
1.2 Diferentsiaalne positsioneerimissüsteem	9
1.2.1 DGPS tugijaamad ja vastuvõtjad	10
1.3 AIS - automaatne tuvastussüsteem	13
1.3.1 Saatmisaegade valimine	14
1.3.2 Opereerimise meetodid	15
1.3.3 Piirkondlikud opereerimise seaded	15
1.3.4 Seadmed	16
1.3.5 Automaatse tuvastussüsteemi signaalide levitamine	18
1.3.6 Automaatse tuvastussüsteemi andmed	19
1.3.7 Staatiline informatsioon	20
1.3.8 Dünaamiline informatsioon	20
1.3.9 Teekonnaga seotud andmed	20
2. AUTOMAATSE TUVASTUSSÜSTEEMI SÕNUMID JA NENDE TÖÖTLEMINE ...	22
2.1 Kodeering	22
2.2 Positsioneerimissõnumi ülesehitus	23
2.3 Sõnumite dekodeerimine	25
3. UURIMISTULEMUSED	31
3.1 Arutelu	32
3.2 Järeldused ja ettepanekud	32
KOKKUVÕTE	34
SUMMARY	36
VIIDATUD ALLIKAD	38
LISAD	40
Lisa 1. Positsioneerimissõnumi ülesehitus	40

Lisa 2. DGPS tugijaamade asukohad ja detailid.....	42
Lisa 2 järg	43

ABSTRAKT

Käesoleva töö eesmärgiks oli vaadelda Eesti vetes liikuvate laevade positsioneerimissüsteemide kasutamist põhinedes automaatse tuvastussüsteemi (AIS – *Automatic Identification System*) andmetele. Uurimustöö käigus saadi teada kui palju laevu kasutab diferentsiaalset kohamäärangusüsteemi (DGPS- *differential global positioning system*) eeldusel, et AIS ja DGPS süsteemid on laevas ühildatud ning kasutusel on parim võimalik kohamääranguseade.

Kuna Eesti mereala on tiheda laevaliiklusega, siis on täpne kohamäärang ohutuse ja turvalisuse seisukohast väga oluline. Taoline info aitab ka otsustada DGPS tugijaamade vajaduse üle. Eelnevalt puudus Eestis ülevaade kui palju laevadest kasutab diferentsiaalse positsioneerimise süsteemi.

Tulemuste saamiseks kasutati AIS poolt kalda tugijaamades vastuvõetud sõnumeid. Uuringu perioodi vältel kogutud sõnumid koguti eelnevalt kokku. Need sõnumid töödeldi ja sorteeriti vajalik informatsioon välja kasutades selleks sobivaid dekodeerimis- ja tabelarvutusprogramme.

Võtmesõnad: Automaatne tuvastussüsteem, diferentsiaalne positsioneerimissüsteem, kodeering, tabelarvutusprogramm.

SISSEJUHATUS

Viimaste aastakümnetega on satelliitnavigatsiooni tähtsus merenduses märgatavalt tõusnud. See tuleneb sellest, et seda on lihtne kasutada ja samaaegselt on tulemused väga täpsed. On oluline, et kohamäärangule kuluks minimaalne aeg ning see oleks vastava täpsusklassiga. Kuna Läänemeri on üks tihedama laevaliiklusega alasid maailmas, siis tuleb täpsele asukohamäärangule panna suurt rõhku (Hermanni, *et al* 2010). See aitab vältida ja vähendada ohtlikke olukordi ning õnnetuste arvu. Nõuded ja vajalik täpsus, mida peavad raadionavigatsioonisüsteemid täitma on reguleeritud Rahvusvahelise Mereorganisatsiooni resolutsiooni A.1046(27) poolt (Worldwide radionavigation... 2011).

Diferentsiaalse positsioneerimissüsteemi kasutamine suurendab tunduvalt tavapärase globaalse positsioneerimissüsteemi täpsust. Praegusel hetkel puudub ülevaade ja statistika diferentsiaalse positsioneerimissüsteemi kasutamisest. Üksikutest automaatse tuvastussüsteemi poolt saadud sõnumitest saab küll välja lugeda iga laeva positsioneerimise täpsusklassi, kuid laevu liigub palju ja sõnumeid tuleb suurel hulgal ning ülevaate saamine nõuab väga suure andmehulga töötlemist.

Töö eesmärgiks on kogutud automaatse tuvastussüsteemi sõnumitest välja tuua laevad, millel on asukohamäärangul kõrge täpsusklass. Uurimustöö käigus tehakse eeldus, et kõrge täpsusklassiga laevadel on kohamäärangusüsteemid, mis kasutavad asukohtaandmete korrigeerimiseks DGPS kaldajaamadest saadud parandeid. Samuti peavad olema laeva pardal AIS ja kohamäärangusüsteemid ühendatud.

Selleks, et saavutada soovitud tulemust, tuleb kogutud andmeid eelnevalt töödelda. Kuna automaatse tuvastussüsteemi sõnumid on kodeeritud, siis tuleb esmaselt need sõnumid lahti kodeerida. Selleks kasutatakse spetsiaalset programmi nimega AIS Decoder, mis tõlgib sõnumid lihtsamasse ja arusaadavasse formaati. Teise etapina tuleb saadud andmetest kätte saada vajalik informatsioon. See tähendab suurel hulgal lahti kodeeritud andmete sorteerimist, kasutades selleks tabelarvutusprogrammi. Viimases etapis kogutakse tulemused ja koostatakse tulemuste ülevaade ja statistika.

Uurimise objektiks on uurimisperioodi vältel kogutud automaatse tuvastussüsteemi

sõnumite kogum.

Selleks, et uuringut läbi viia oli vaja koguda vajalikud andemed ja pärast neid analüütiliselt töödelda.

Uurimustöö on jaotatud kolme peatükki. Esimeses peatükis antakse ülevaate põhimõistetest. Seletatakse diferentsiaalse positsioneerimissüsteemi ja AIS olemust. Teises peatükis peatun uuringu vältel kogutud andmetel ja nende lahendamise meetoditel. Selgitan, kuidas lahendan andmete töötlemisega seotud küsimusi. Kolmandas peatükis lahkkan tulemusi. Millised olid tulemused ja mida saaks nendega teha.

1. ÜLEVAADE PÕHIMÕISTETEST

1.1 GPS tööpõhimõte

DGPS ehk diferentsiaalne globaalne positsioneerimissüsteem on GPS-i täpsuse suurendamiseks loodud süsteem. Selleks, et paremini mõista tema olemust tuleb vaadelda eelnevalt GPS-i ülesehitust.

GPS varustab kasutajat pideva positsioneerimise ja ajalise informatsiooniga olenemata asukohast ja ilmastikutingimustest. GPS koosneb süsteemist, mille moodustavad vähemalt 24 töötavat satelliiti, et seda kindlustada on orbiidile lennutatud kokku 31 satelliiti. Süsteemis on 6 orbiiti millel igalühel asetsevad vähemalt 4 töötavat satelliiti. Selline satelliitide asetus tagab alati 4 kuni 10 satelliidi nähtavuse. Õige kohamäärangu saamiseks piisab juba nelja satelliidi kättesaadavusest. (El-Rabbany 2006, 2) Satelliitide orbiidid on ekvaatori suhtes 55 kraadise nurga all ja nende raadiuseks on 26 660 kilomeetrit (Parkins 2009).

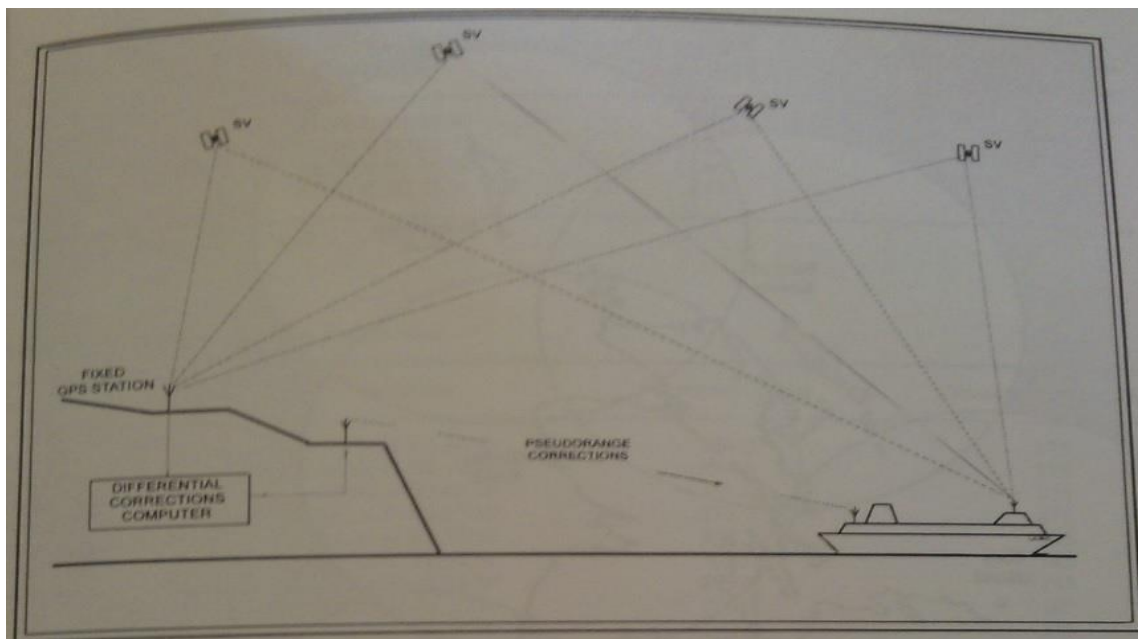
Satelliitide kõrgus maapinnast on ligikaudu 20200 km. Ühe satelliidi tiirlemisperioodiks on 11 tundi ja 58 minutit. Iga satelliit saadab signaali, mis koosneb mitmetest komponentidest: kaks siinuslainet ehk kandevsagedused, kaks või enam digitaalset koodi ja navigeerimissõnum. Sagedusi ja koode kasutatakse peamiselt satelliitide ja vastuvõtjavahelise kauguse määramiseks (El-Rabbany 2006, 3). Seda kaugust nimetatakse ka pseudokauguseks, mis on võrdeline satelliidi ja vastuvõtja vahelise kaugusega ning millele on lisatud veel mõningad parandused, mis tulenevad satelliidid ja vastuvõtja kellavigadest, ionosfääri ja troposfääri mõjust signaalile ja signaali mitmeteelisusest (Leick 2004). Navigeerimissõnum sisaldab peale muude andmete satelliitide koordinaate. GPS vastuvõtja mõõdab aega, mis kulus signaali vastuvõtmiseks ja korrutades selle raadiolaine levimiskiirusega saadakse kaugus satelliidist. Saades signaali vähemalt kolmelt satelliidilt on võimalik triangulatsioonimeetodi abil välja arvutada vastuvõtja asukoht. (El-Rabbany 2006)

GPS signaalid võivad halveneda ja nende täpsust mõjutavad mitmed faktorid (Grewal, Weill, Andrews 2007):

- ionosfääri ja troposfääri poolt tekitatud viivitused,
- signaali mitmeteelisus,
- vastuvõtja kellavead,
- orbitaalsed vead.

1.2 Diferentsiaalne positsioneerimissüsteem

DGPS süsteem on loodud selleks, et vähendada positsioneerimisel tekkivat viga. Kuna satelliidid asuvad kõrgel, siis vahemik kahe lähestikku asuva vastuvõtja vahel on väikene võrreldes satelliitide kaugusega. Sellest tingituna võib järeldada, et kahele lähestikku asetsevale vastuvõtjale mõjuvad samad atmosfääri mõjud. (Kaplan 2006) DGPS kasutab rannikuil asuvaid tugijaamu, millel on kindlad koordinaadid. Nendes jaamades asuvad GPS vastuvõtjad, mis arvutavad oma positsiooni satelliitide signaalide kaudu. Neid koordinaate võrreldakse jaama kindlaks määratud koordinaatidega ning arvutatakse vead. Need vead sisaldavad efemeritide, ionosfääri ja satelliitide kellavigasid. Seejärel saadetakse pseudokauguste parandid reaajas liikuvjaama vastuvõtjasse, mis on ühendatud GPS seadmetega. Seda informatsiooni kasutatakse oma asukoha parandamiseks ja selle tulemusena asukohatäpsus suureneb tunduvalt. (Payne 2007) Graafiliselt võiks kujutleda süsteemi järgmiselt (Joonis 1).



Joonis 1. Diferentsiaalse kohamäärangusüsteemi ülesehitus

Allikas: (Tetley 2004, 163)

1.2.1 DGPS tugijaamad ja vastuvõtjad

Raadiotugijaamad on elektroonilised navigatsioonivahendid, mis töötavad madal- ja kesksagedustel. Nad on tavaliselt paigaldatud tuletornidesse või teistesse rannikuäärsetesse ehitistesse. Selleks, et suurendada meresõiduohutust, on mõningad tugijaamad kohaldatud selliselt, et nad kannavad reaalajas üle kohamäärangu parandeid. Kasutaja saab neid parandeid vastu võtta juhul kui ta kasutab selleks vajalikku vastuvõtjat ja asub tugijaama tööpiirkonnas. Tugijaama tööraadius sõltub saatja võimsusest, atmosfääri müra, vastuvõtja tundlikkusest ning tuleb arvestada, et vee kohal on tööraadius alati suurem kui maismaal. Teenusepakkuja avaldab tavaliselt DGPS-i tugijaama tööraadiuse. (El-Rabbany 2006)

Tugijaam koosneb järgnevatest komponentidest (Mahmud 2006):

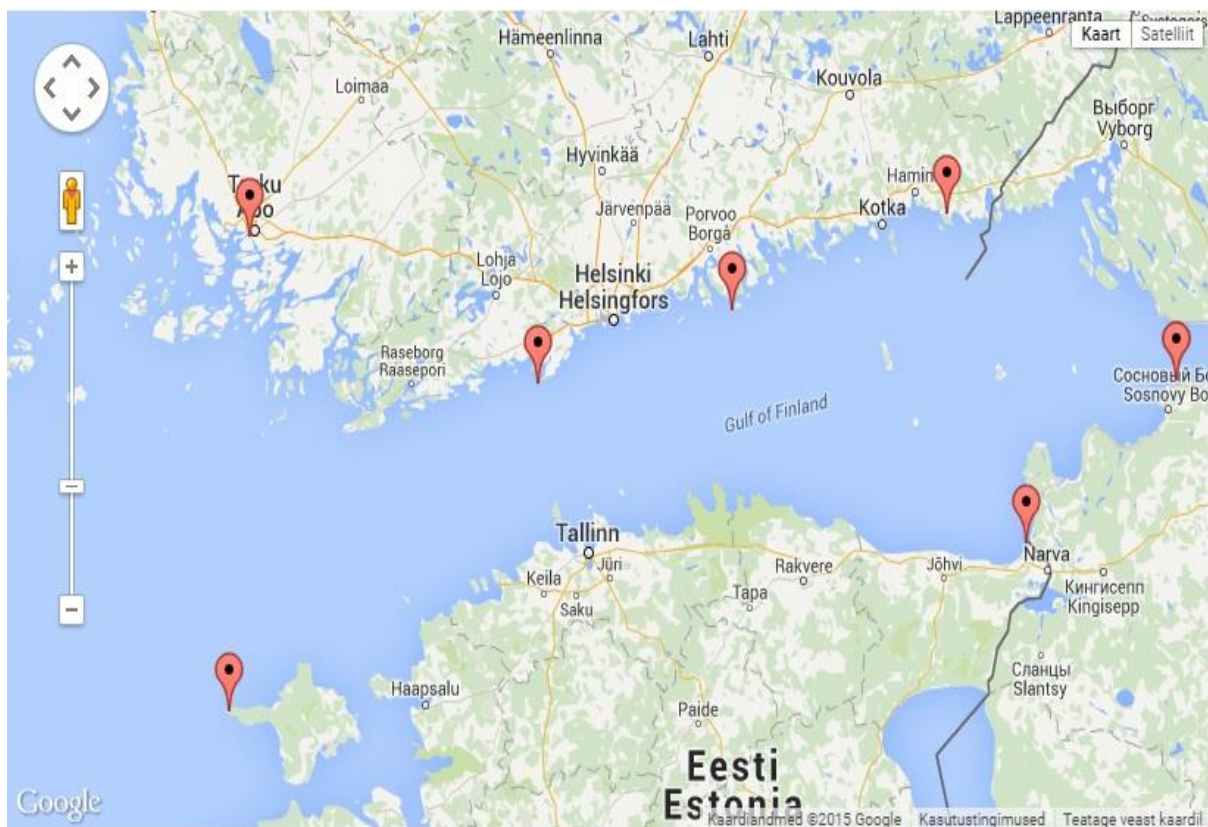
- referentsjaam, mis väljastab DGPS parandeid;
- kontrolljaam, mille ülesandeks vigade tuvastamine ja parandamine;
- terviklikkuse jälgija, mis jälgib referentsjaama poolt loodud parandite korrektsust;

- saatja, mis kannab kasutajatele üle referentsjaama poolt loodud parandid;
- järelvalve seade, mis jälgib DGPS süsteemi toimimist.

DGPS vastuvõtjad on tavaliselt ühe- või kahekanalised. Kahekanalised on kallimad, kuid tunduvalt töökindlamad. Teine kanal on kasulik selleks, et otsida samal ajal teist tugijaama parema signaali saamiseks. Vastuvõtja vahetab automaatselt teise jaama peale kui sellel on parem signaal. Vastuvõtja peaks olema ühendatud diferentsiaalvalmidusega GPS vastuvõtjaga, mis seeläbi väljastaks parandatud koordinaadid. Tugijaamade parandid võimaldavad saada asukohatäpsust alla ühe meetri. (El-Rabbany 2006)) Lisaks võimaldab DGPS anda koheselt hoiatuse, kui GPS-i töös on häireid. Sellist hoiatust ei võimalda ükski teine süsteem.

Tugijaamad kasutavad info edastamiseks suhteliselt madalat sagedust ja seega nende efektiivne tööraadius on suhteliselt väike, ligikaudu 100-250 km. DGPS signaal kantakse üle sagedustel 283.5 – 315 kHz, 285 – 325 kHz. Signaale reglementeerib Rahvusvahelise Telekommunikatsiooniliidu (ITU - *International Telecommunication Union*) soovitus M.823, mida toetab USA rannavalve ja Rahvusvahelise Meremärkide ja Tuletornide Administratsioonide Liit. Ülekande kiirust ja info formaati määrab raadiotehnilise komisjoni merenduse erikomitee (RTCM - *radio technical commission for maritime services special committee*) protokoll RTCM SC-104. (Tetley 2004, 162)

Eestis on kasutusel kaks diferentsiaalse kohamäärangusüsteemi tugijaama, milledeks on Ristna ja Narva-Jõesuu (joonis 2). Lisaks levivad siia ka Soome tugijaamad nagu näiteks Porkkala, mille signaali tugevus on kohati tugevam kui Eesti jaamadel. Soome lahe tugijaamade loetelu ja detailid on esitatud lisa (Lisa 2).



Joonis 2. Soome lahe DGPS tugijaamad.

Allikas:(<http://www.gnsspro.com/referencestations.php>)

DGPSi üheks miinuseks on see, et korrektsed ja õiged parandid on piiratud tugijaama väikese tööraadiuse poolest. Mida kaugemale kasutaja liigub tugijaamast, seda ebatäpsemaks muutuvad korrektsioonid. Selle probleemi lahendamiseks oleks vaja rajada tugijaamade võrgustik, milles iga jaam teendindab teatud piirkonda, aga selleks oleks vaja väga palju jaamu juurde tekitada. (Grewal, Weill, Andrews 2007) Viga suureneb ligikaudu ühe meetri võrra iga 150 km kohta tugijaamast kaugenedes (El-Rabbany 2006).

1.3 AIS - automaatne tuvastussüsteem

Rahvusvahelise konventsiooni inimeste ohutusest merel (SOLAS- *Safety of Life at Sea*) viies peatükk reglementeerib, millised alused peavad kasutama automaatset tuvastussüsteemi. Nendeks on alused üle 300 tonni ja mis tegutsevad rahvusvaheliselt, alused üle 500 tonni, mis ei tegutse rahvusvaheliselt ja kõik reisilaevad. (SOLAS chapter V ...)

Automaatne tuvastussüsteem on digitaalne kommunikatsioonisüsteem, mis võimaldab laevadel ja teistel jaamadel vahetada positsiooni ja muud tähtsat informatsiooni automaatselt. Selle peamiseks ülesandeks on suurendada laevaliikluse ohutust ning samal ajal varustab erinevaid järelvalve institutsioone infoga, mis on seotud ohutuse ja turvalisusega. Infovahetus toimub kõrgsagedusliku raadiokommunikatsiooni abil (VHF- *very high frequency*). (Norris 2008)

Rahvusvaheline merenduse organisatsioon on kirja pannud, et AIS on loodud selleks, et suurendada: meresõiduohutust, navigeerimise ohutust ja efektiivsust ja merekeskkonna kaitset. Samuti on kirja pandud AISi põhimõtted: aitab tuvastada laevu, abistab laeva jälgimist, lihtsustab infovahetust (vähendab kohustuslikku suulist ettekannet) ja annab lisainformatsiooni parema ülevaate saamiseks erinevatest olukordadest. (IMO model...2006)

Laevad, mis kasutavad AIS-i saavad automaatselt navigatsioonilist informatsiooni, mis sisaldab: staatilist ehk mitte muutuvaid andmeid, milleks on laeva nimi ja suurus; dünaamilisi andmeid, milleks on laeva asukoht, kiirus ja kurss maapinna suhtes; laeva reisiga seotud andmed, näiteks sihtkoht, eeldatav saabumise aeg ja süvis. (Norris 2008)

Dünaamiline info võetakse laeva enda navigeerimisel kasutatavast andmestikust. Positsioon, kiirus ja kurss võetakse tavaliselt globaalsest satelliitnavigeerimise süsteemist (GNSS- *Global Navigation Satellite System*). Positsioon, mis on määratud diferentsiaalmeetodil on samuti kasutusel. (Norris 2008)

Saadetud informatsioon on saadaval kõikidele jaamadele, mis asuvad selle jaama tööraadiuses. See tähendab, et laeva informatsioon on kätte saadav kõikidele teistele laevadele, laevaliikluse jälgimise süsteemile (VTS- *Vessel Trafficking System*) ja merepäästele selles piirkonnas. Seda infot on võimalik kuvada laevadel või kaldajaamadel mitut moodi. Seda võib näidata lisainformatsioonina radaril või elektroonilisel kaardikuvamise seadmel. Sellisel juhul on võimalik laevu kuvada sümbolitena, mis näitavad nende positsiooni, kiirust, kurssi ja liikumisuunda. Laeva selgemaks tuvastamiseks on võimalik lisada ka laeva nimi. Seda informatsiooni on võimalik ka internetis jagada selliselt, et ka tavakasutaja saab laevu

jälgida. Info edastamine on automaatselt ajastatud, selliselt, et igalt jaamalt tuleb teave kindlate pakettide kaupa kindlal ajal. Selline ülesehitus tagab selle, et kaks jaama ei edasta samaaegselt ja infot saab ülekanda ühel VHF kanalil. Praktikas koormaks see ühe kanali üle intensiivsetes piirkondades ja seetõttu kasutatakse kahte VHF kanalit dubleerides nii ühe kanali kasutajate arvu. (Norris 2008)

Kasutatavaid kanaleid tuntakse kui AIS1 ja AIS2. Tavaliselt on kanalite sagedusteks 87B 161.975 MHz ja 88B 162.025 MHz. Mõned riigid on võtnud kasutusele teised kanalid, et vältida segadust olemasolevate mitte AIS kanalitega. Kaldajaamad automaatselt annavad teada, milliseid kanaleid kasutada. (Norris 2008, 38)

1.3.1 Saatmisaegade valimine

Iseorganiseeriv ajastuse süsteem (SOTDMA- *Self-organising time division multiple access*) on operatsiooni meetod, kus iga jaam kasutab temale määratud ajavahemikke signaali saatmiseks. AIS ülekande ajad on täpselt paika pandud koordineeritud maailmaaja järgi (UTC- *Universal Time Coordinated*). Globaalse navigatsioonisüsteemi satelliidid annavad igale jaamale täpse UTC aja. Iga UTC minut on jagatud 2250 võrdseks ajavahemikuks, lubades igas minutis teha 2250 ülekannet igal kanalil. (IMO model... 2006)

Merel liikuvad laevad edastavad signaale iga 6 sekundi tagant, mis teeb ligikaudu 10 korda minutis. See võib erineda olenevalt laeva kiirusest ja kursi muutustest.

Ajajaotuse süsteem on näidanud, et see aitab andmeid jaotada paljude jaamade vahel, kasutades selleks ainult teatud osa sageduse spektrist. Igal jaamal on oma efektiivsuse raadius, mis on piiratud VHF ülekanderaadiusega. (Norris 2008)

Iga AIS jaam teeb kindlaks oma ajavahemiku, millal andmeid saata, kuulates olemasolevat tegevust ning selle tulemusena saades teada vabad ajavahemikud. Järgnevalt, kasutades vastavaid algoritme, valib endale sobivad vahemikud. Kasutades SOTDMA koos VHF raadiosüsteemiga, annab see AIS-ile võime enda koormust alandada kui süsteemi kasutavate jaamade arv suureneb. See tähendab seda, et kontaktide arv ühe laeva ümber võib suureneda või väheneda olenevalt ülekannete tihedusest. Tänu sellele jäävad laevale lähemal asuvad kontaktid AIS süsteemi alles kuna nad on kõige tähtsamad ohutuse seisukorrast isegi siis kui süsteemi ülekoormatus vähendab üleüldist süsteemi võimekust. (Norris 2008)

1.3.2 Opereerimise meetodid

Eespool kirjeldatud iseopereerimismeetod on nimetatud autonoomseks ja pidevaks. On veel kaks meetodit, mida võivad määrata kompetentsed isikud või asutused. AIS seadmed laeval lülituvad automaatselt vastavatele reziimidele kui on saanud elektroonilised juhendid kontrolljaamalt. (IMO model... 2006)

Määratud meetodi (*The assigned mode*) puhul määrab vastav ametkond üksiku laeva jaama raporteerimise intervalli ja millistes vahemikes neid saadetakse. See meetod on kasulik kui teatud olukorrad põhjustavad süsteemi ülekoormamist ning on vaja autoriteetide sekkumist. Sellisteks olukordadeks võivad olla suured päästeoperatsioonid tiheda liiklusega sadamate läheduses. Kui laeva jaamad on lülitatud määratud meetodisse, siis lülituvad need tagasi automaatsesse reziimi 4-8 minuti pärast. Kui on vajadus, siis vastavad ametid lülitavad süsteemi ise tagasi määratud reziimi. (Norris 2008)

Teine meetod on tuntud kui Polled. See meetod võimaldab vastavatel ametkondadel saada neid huvitavat teavet laeva kohta. Laeva staatiline ja teekonnaga seotud andmed edastatakse iga 6 minuti tagant. Kui VTS soovib neid andmeid kohe kui laev jõuab nende raadiusesse, siis saavad nad seda reziimi kasutades vajalikud andmed kohe kätte ja ei pea ootama 6 minutit. (IMO model... 2006)

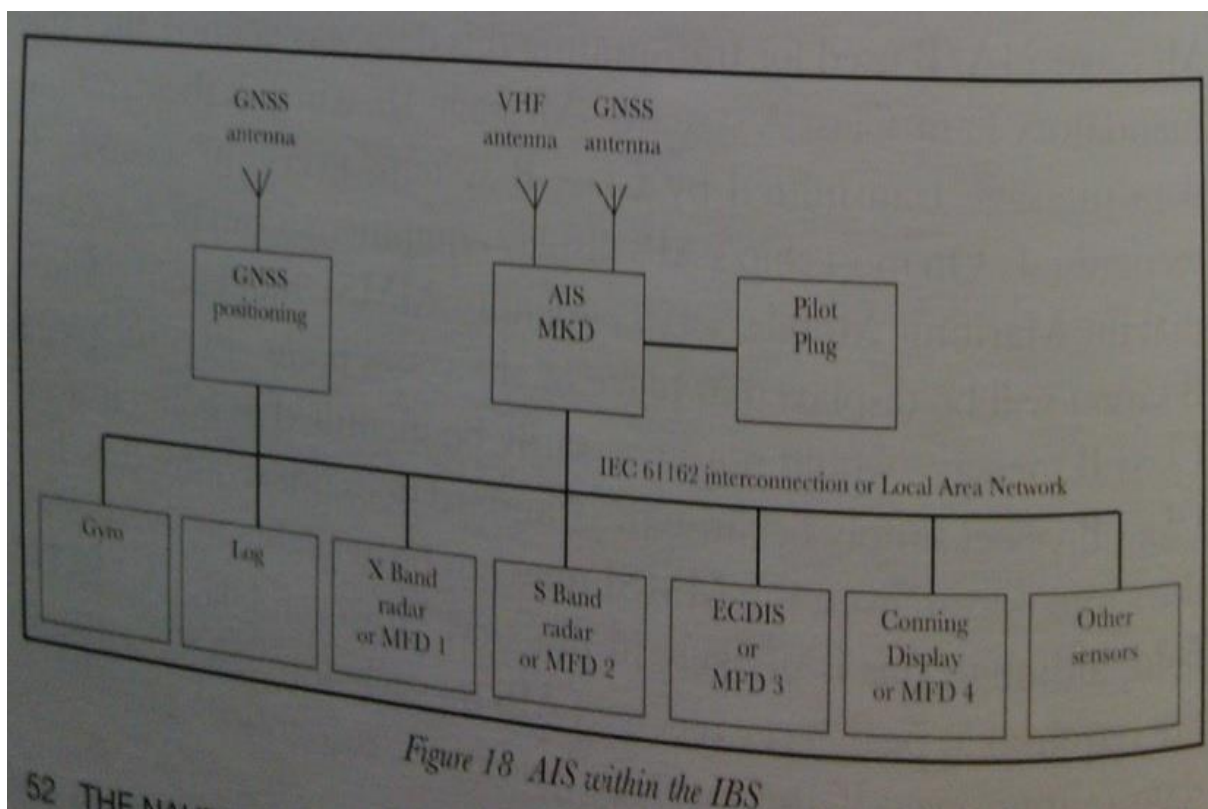
1.3.3 Piirkondlikud opereerimise seaded

Laeva AIS jaama ülekande parameetreid on võimalik kontrollida kaldajaamast juhul kui laev asub tema tööraadiuse alas. Kaldajaam paneb paika geograafilised koordinaadid, kus tuleb kasutada teatud seadistusi ja vastavaid parameetreid, milleks on: VHF kanalid AIS jaoks: saatjate võimsus; siirdeala, kus AIS vastab mõlemale üksteisele lähedal olevale jaamale. (Norris 2008)

Määratud geograafiline piirkond võib ulatuda kaldajaama tööpiirkonnast välja ja seega kontroll kasutatavate VHF kanalite üle ulatub väga kaugele. See mõjutab kontrollitud sageduste kasutamist aladel, kus ei kasutata rahusvahelisi AIS sagedusi. AIS võib salvestada minimaalselt kaheksa regiooni ja seega need alad jäetakse mällu kui ollakse regiooni läheduses, aga mitte tingimata kaldajaama raadiuses. Piirkondlikke seadeid saab ka käsitsi sisestada. See on kasulik kui laev siseneb suurde regiooni ja ollakse veel väga kaugel kaldajaamast, millel on kindlad sagedused AIS jaoks. (Norris 2008)

1.3.4 Seadmed

Integreeritud sillasüsteemidega laeval on AIS täielikult integreeritud süsteemi. Saatja ja vastuvõtja andmed on ühendatud vastavate liidestega integreeritud sillasüsteemiga ja neid on võimalik kuvada valitud navigeerimisekraanidel (Joonis 3).



Joonis 3. Sillasüsteemi integreeritud AIS

Allikas: (Norris 2008, 52)

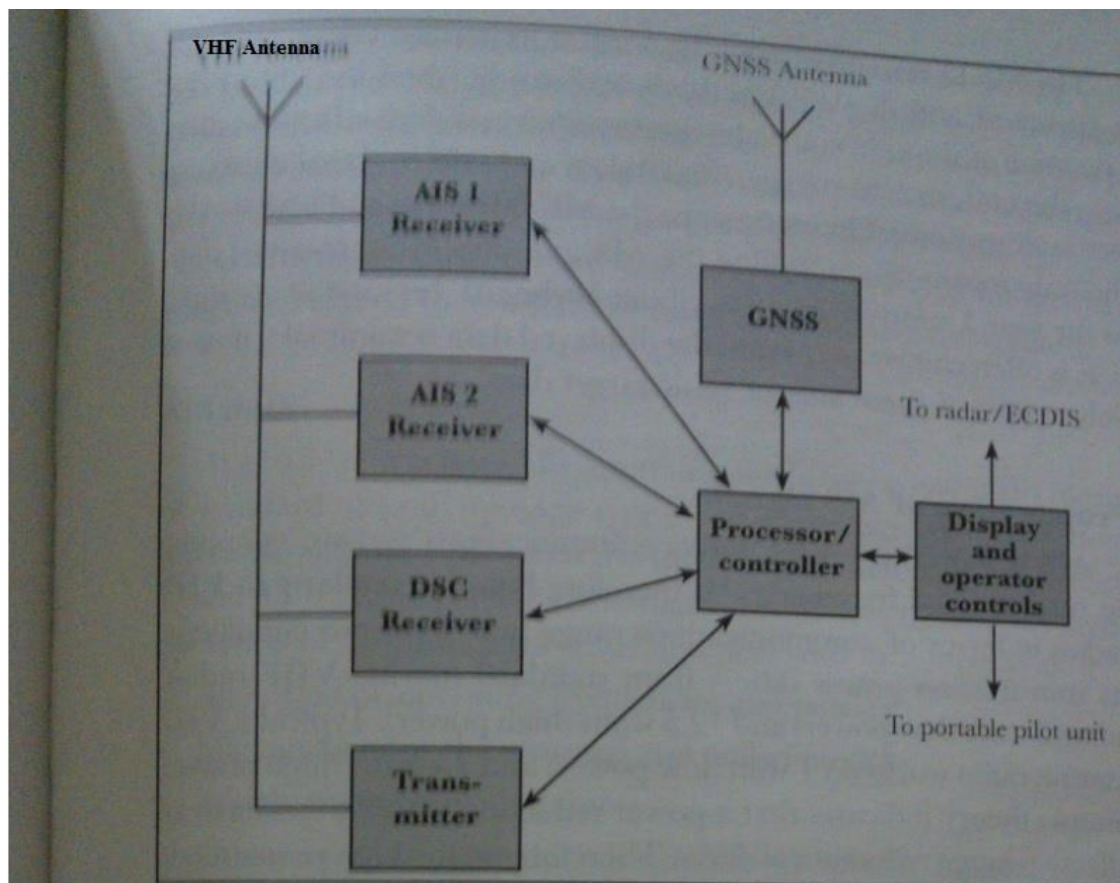
AIS seade võib olla ka eraldiseisvana, kuna tal on endal kuvar ja klaviatuur, seda tuntakse ka kui minimaalset seadet (MKD- *Minimal Keyboard and Display*). Alustel, millel puuduvad integreeritud sillasüsteemid, on see ainus seade, millega saab kuvada ja sisestada AIS andmeid. (Norris 2008)

Alusel on tavaliselt AIS, millesse on integreeritud kaks vastuvõtjat, üks raadiotelefon (DSC- *digital Selective Calling*) vastuvõtja ja üks VHF saatja (Joonis 4). Need on kontrollitud

digitaalse protsessori poolt. Kahte AIS vastuvõtjat on vaja selleks, et korraga andmeid vastu võtta AIS1 ja AIS2 kanalitelt. Ainult ühte saatjat on vaja, kuna signaal saadetakse ühekordselt, kas AIS1, AIS2 või DSC kaudu. Protsessor kogub samaaegselt signaale ka sisseehitatud globaalselt navigatsioonisüsteemilt. Samuti kontrollib teiste seadmete nagu radari ja ECDIS-e tööd. (Norris 2008)

AIS seadmesse sisseehitatud GNSS vastuvõtja jälgib seda, et UTC aeg oleks õigesti määratud. Vastuvõtja on ühendatud oma enda antenniga. Vastuvõtja koos antenniga on laeva AIS süsteemi üks osadest. Kui laeva asukohta pole võimalik eraldiseisvatest GNSS seadmetest määrata, siis edastab AIS asukohta ja teised GNSS andmed sisseehitatud GNSS seadmest. Tavaliselt peaks AIS kasutama seda GNSS seadet, mida kasutatakse laeva navigeerimiseks, ehk siis primaarset seadet. (Norris 2008)

MKD kasutab ekraani ja klaviatuuri. Klaviatuuri kaudu saab sisestada erinevaid andmeid ja kontrollida tehtavaid operatsioone. Paljudel laevadel on see ainus seade, millega kuvatakse ja kontrollitakse AIS andmeid. Kahjuks on selle sisseehitatud klaviatuur ja ekraan suhteliselt väikesed ja kohmakad. (Norris 2008)



Joonis 4. Eraldiseisva AIS seadme komponendid

Allikas: (Norris 2008, 43)

1.3.5 Automaatse tuvastusüsteemi signaalide levitamine

AIS on põhimõtteliselt VHF radiokommunikatsiooni süsteem, opereerides sagedusvahemikes, mida kasutatakse meresides. Seega käitub oma ulatuselt samamoodi nagu VHF raadio erinevates tingimustes. Ülekande võimsus erineb tavaadiotest ulatudes 2 vatist kuni 12,5 vatini. Tavalisel VHF raadiol 1-25 vatini. See tähendab, et võimsuse vähendamine 50% tagab efektiivse tööraadiuse vähenemise 25%. Täisvõimsusel opereerides on AIS efektiivne tööraadius 25% väiksem kui tavalisel VHF jaamal. Tavaliselt on tööraadiuseks ligikaudu 30 meremiili või rohkem kui süsteem pole ülekoormatud kasutajate poolt. Nagu eelnevalt mainitud saab võimsust muuta kaldajaamadest ning vähendades tööraadiust saab vältida ülekoormamise ohtu. (Norris 2008, 44)

AIS signaali kaugus pole tavaliselt mõjutatav ilmastikutingimustest, aga seda segavad ehitised ja pinnavormid. Sellegipoolest on need häired tunduvalt väiksemad kui radril ja tihti

annab AIS signaali ka siis kui vaateväli on piiratud, näiteks poolsaare tagant. Parema jõudluse tagab see, et signaali lainepikkus on tunduvalt suurem kui näiteks radaril. See tähendab seda, et signaal suudab minna ümber takistuste. Samuti kui radar vajab signaali vastuvõtmiseks peegeldumist, siis AIS on kahesuunaline süsteem. AIS VHF antenni asukoht laeval võib avaldada raadiusele väga suurt mõju. Kui antenn on varjatud laeva tekiehitiste poolt, siis on tema võimekus tunduvalt piiratud. Olenevalt asukohast võib juhtuda nii, et ühes suunas on efektiivseks kauguseks ainult mõni miil ja teises suunas on raadius täiesti normaalne. (IMO model... 2006)

1.3.6 Automaatse tuvastussüsteemi andmed

Kõige madalamal tasemel toimub AIS kommunikatsioon jaamade vahel standardsete sõnumi tüüpide abil. Need sõnumi tüübid on rahvusvaheliselt kooskõlastatud Rahvusvahelise Telekommunikatsioonliidu poolt (ITU- *International Telecommunication Union*). Mõned sellised sõnumid pole otseselt seotud kaubalaevade liikumisega, vaid tegelevad hoopis selliste aspektidega nagu on seadmete sagedused ja võimsused, AIS-i erinevate režiimide haldamine, otsingu- ja päästeoperatsioonid. (Norris 2008)

Teised sõnumid sisaldavad lähedal asuvate laevade nimesid, kiiruseid, kursse ja asukohti. Kasutajal pole tarvis teada sõnumi ülesehitust ja struktuuri, sest laeva enda AIS seadmed teevad selle informatsiooni arusaadavaks. Samuti muudetakse sisestatud informatsioon automaatselt vastavasse formaati enne saatmist. Informatsioon jagatakse eraldi rühmadesse (Norris 2008, 45):

- staatiline informatsioon, mis sisaldab laevaga seotud informatsioon ja muutub harva, näiteks laeva nimi;
- dünaamiline informatsioon sisaldab informatsiooni, mis muutub pidevalt nagu kiirus, kurss ja positsioon;
- teekonnaga seotud informatsioon, milleks on sihtkoha nimi ja eeldatav kohalejõudmise aeg;
- ohutuse ja turvalisusega seotud informatsioon,
- teised kasutajale olulised AIS sõnumid.

Iga rühm on omakorda alajaotatud. Tuleb arvestada sellega, et iga tootja pole opereerimismenüüd jaotanud samasuguselt. Sellist jaotust kasutab IMO (Norris 2008).

1.3.7 Staatiline informatsioon

Tavaliselt tuleb seda informatsiooni sisestada AIS süsteemi ühe korra, sest koosneb andmetest, mis jäävad enamasti konstantseteks. Staatiline andmestik koosneb järgnevast: laeva rahvusvaheline number (MMSI - *Maritime Mobile Service Identity*), laeva nimi, kutsung, IMO number, laeva tüüp, pikkus ja laius, positsioneerimisantenni asukoht laeval ja kiilu sügavus (pole IMO poolt kohustuslik ja igas süsteemis pole kasutatud). Automaatsel ja pideval režiimil töödates, edastatakse seda informatsiooni iga kuue minuti järel. (IMO model... 2006)

MMSI numbrit kasutatakse AIS süsteemi poolt selleks, et tuvastada kõik sõnumid, mis on saadetud ühe laeva poolt. Iga kord kui laev saadab sõnumi, siis sõnumi ees on MMSI number. Seda on tähtis teada, kuna kasutaja kipub laeva tuvastama ainult tema nime järgi. Laeva nimi edastatakse korra kuue minuti jooksul, aga dünaamilist informatsiooni mitu korda minutis ning süsteem ei suuda seda infot kokku viia laeva nimega (Norris 2008).

Positsioneerimisseadme antenni asukohta on vaja selleks, et tagada täpsus täpsust vajavates olukordades ja kui süsteemi kasutatakse kokkupõrke vältimise abistamiseks.

1.3.8 Dünaamiline informatsioon

Sisaldab informatsiooni, mis muutub laeva liikumise tõttu. Enamus andmeid saadakse automaatselt laeva navigatsioonisüsteemidest, mis on ühendatud AIS-ga. See informatsioon sisaldab: laeva positsioon (täpsus kui võimalik), aeg(UTC), kurss, kiirus, suund ja pöörderaadius. (IMO model... 2006)

Lisaks tuleb manuaalselt lisada laeva staatus, kas laev seisab ankrus, liigub mootorite jõul jne. Positsioneerimise täpsus on määratud kõrgeks või madalaks. Kõrge positsioneerimistäpsus tähendab seda, et asukoht on määratud täpsemalt kui 10 meetrit ja selleks on kasutatud diferentsiaalset globaalset kohamäärangusüsteemi vastuvõtjat. Madal täpsus näitab, et sellist vastuvõtjat ei kasutata. Dünaamilist informatsiooni tuleb edastada regulaarsete intervallide tagant, mis olenevad laeva dünaamikast (Norris 2008).

1.3.9 Teekonnaga seotud andmed

See informatsioon tuleb manuaalselt sisestada reisi alguses ja vajadusel uuendada kui toimub muutuseid. See sisaldab järgmisi andmeid: laeva süvis, sihtkoht, eeldatav

kohalejõudmise aeg, laeva tüüp, lasti tüüp ja inimeste arv pardal (Norris 2008).

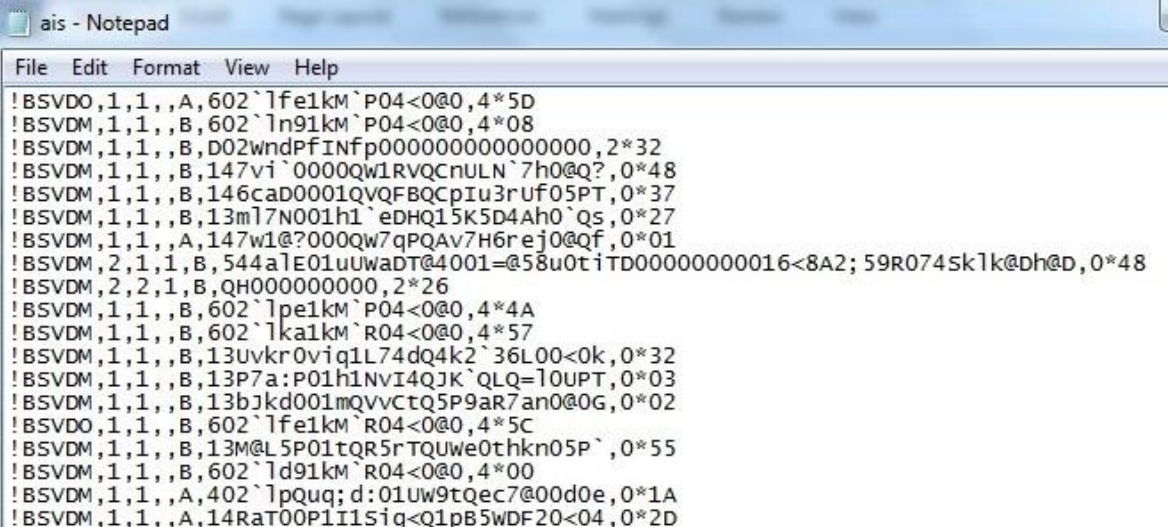
2. AUTOMAATSE TUVASTUSSÜSTEEMI SÕNUMID JA NENDE TÖÖTLEMINE

Selleks, et uuringut läbi viia oli vaja koguda vajalikud andmed. Andmete kogumiseks kasutati Veeteede Ameti serverit. Selles serveris on võimalik näha automaatse tuvastussüsteemi poolt saadetud sõnumeid ja vajadusel saab neid salvestada. Uuringu läbiviimiseks salvestati andmeid kolme päeva vältel ja koostati logifail.

Kogutud automaatse tuvastussüsteemi sõnumid on esialgsel kujul kodeeritud. Selleks, et nendest sõnumitest vajalik informatsioon kätte saada, tuleb sõnumid lahti kodeerida.

2.1 Kodeering

Sõnumite edastamiseks erinevate seadmete vahel kasutatakse Mereelektronikaühingu (NMEA - *National Marine Electronics Association*) poolt loodud standardit. See on loodud selleks, et infovahetus elektrooniliste seadmete vahel oleks lihtne ja usaldusväärne. Selle standardi nimeks sai NMEA 0183. Seda standardit kasutavad nii automaatne tuvastussüsteem kui globaalse kohamäärangu süsteem. See standard põhineb sellel, et ühed seadmed, nagu positioneerimisseadmed, on info saatjad ja teised on vastuvõtjad. Standard NMEA 0183 kasutab info edastamiseks lihtteksti, kus iga tähemärk on kodeeritud kasutades selleks 7 bitist Ameerika standard koodi infovahetuseks (ACII- *American Standard Code for Information Interchange*) (Joonis 5).



```
ais - Notepad
File Edit Format View Help
!BSVDO,1,1,,A,602`lfe1km`P04<0@0,4*5D
!BSVDM,1,1,,B,602`ln91km`P04<0@0,4*08
!BSVDM,1,1,,B,D02wndPfINfp0000000000000000,2*32
!BSVDM,1,1,,B,147vi`0000Qw1RVQCnULN`7h0@Q?,0*48
!BSVDM,1,1,,B,146cad0001QVQFBQCpIu3rUf05PT,0*37
!BSVDM,1,1,,B,13m17N001h1`edHQ15K5D4Ah0`Qs,0*27
!BSVDM,1,1,,A,147w1@?000Qw7qPQAv7H6rej0@Qf,0*01
!BSVDM,2,1,1,B,544a1E01uUwADT@4001=@58u0tiTD00000000016<8A2; 59R074sk1k@dh@d,0*48
!BSVDM,2,2,1,B,QH000000000,2*26
!BSVDM,1,1,,B,602`lpe1km`P04<0@0,4*4A
!BSVDM,1,1,,B,602`lka1km`R04<0@0,4*57
!BSVDM,1,1,,B,13Uvkr0v1q1L74dQ4k2`36L00<0k,0*32
!BSVDM,1,1,,B,13P7a:P01h1NvI4QJK`QLQ=10UPT,0*03
!BSVDM,1,1,,B,13bjkd001mQVvCtQ5P9ar7an0@0G,0*02
!BSVDO,1,1,,B,602`lfe1km`R04<0@0,4*5C
!BSVDM,1,1,,B,13M@L5P01tQR5rTQUwe0thkn05P`,0*55
!BSVDM,1,1,,B,602`ld91km`R04<0@0,4*00
!BSVDM,1,1,,A,402`lpQuq;d:01UW9tQec7@00d0e,0*1A
!BSVDM,1,1,,A,14RaT00P1I1Siq<Q1pB5WDF20<04,0*2D
```

Joonis 5. Automaatse tuvastussüsteemi sõnumid kodeeritud kujul

2.2 Positsioneerimissõnumi ülesehitus

Uuringu vältel kogutud sõnumeid oli väga palju, sest koguti kokku kõik sõnumid, mis olid sel perioodil välja saadetud. Uurimustöö huviobjektiks olid ainult laevade poolt saadetud positsioneerimissõnumid. Iga sõnumil on vastav number, mis defineerib selle tüübi. Automaatse tuvastussüsteemi sõnumite ülesehitus ja tüübid on defineeritud Rahvusvahelise Telekommunikatsiooni Liidu ja Rahvusvahelise Meremärkide ja Tuletornide Administratsioonide Liidu poolt. Positsioneerimissõnumid kannavad numbreid ühest kuni kolmeni. Positsioneerimissõnumid koosnevad järgmistest parameetritest (Lisa 1):

- 1) Sõnumi number
- 2) Korduse indikaator
- 3) Kasutaja tunnus, MMSI number
- 4) Navigatsiooniline staatus
- 5) Pöörderaadius
- 6) Kiirus
- 7) Kohamäärangu täpsus

- 8) Pikkuskraad
- 9) Laiuskraad
- 10) Kurss
- 11) Liikumissuund
- 12) Ajatempel
- 13) Erimanöövri indikaator
- 14) Varu
- 15) RAIM indikaator
- 16) Kommunikatsiooni meetod

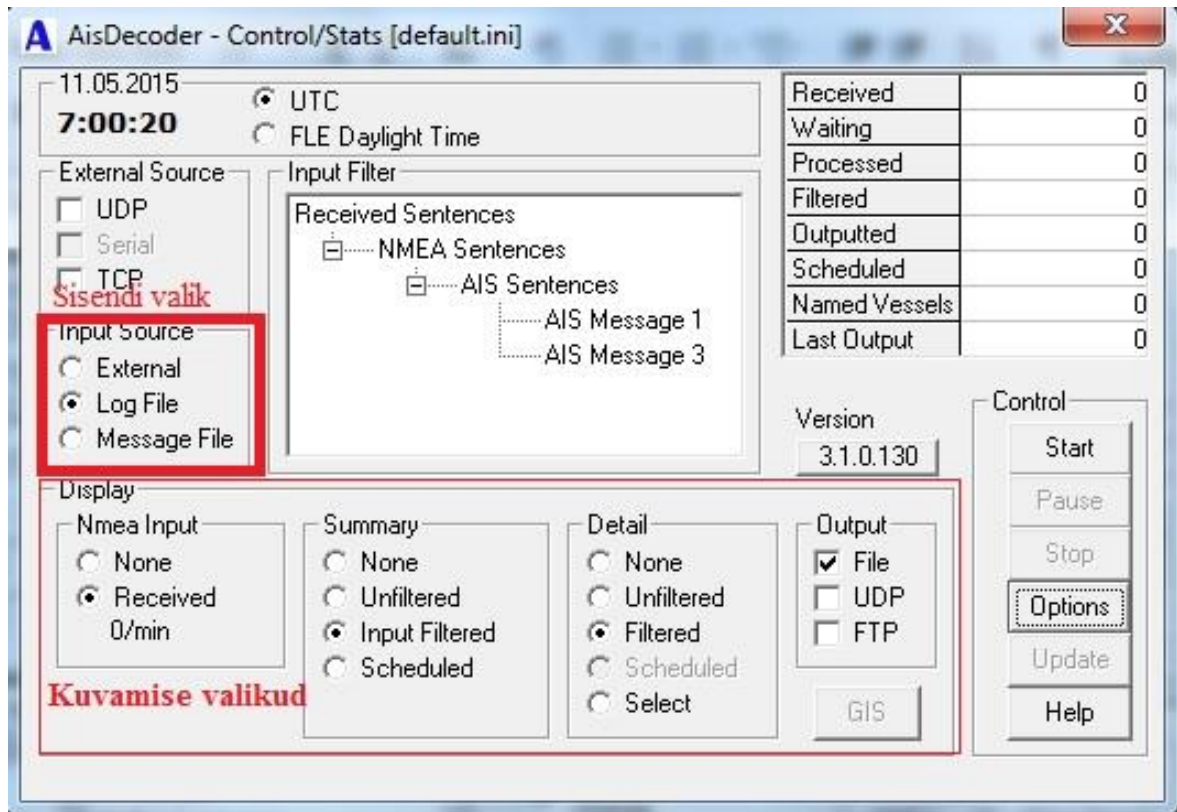
Sõnumi esimeseks parameetrik on sõnumi number, mis määrab tema tüübi. Korduse indikaator on parameeter, mis näitab mitu korda on sõnumit korratud. Kasutaja tunnuseks on laeva unikaalne tunnusnumber (MMSI- *Maritime Mobile Service Identity*). Neljas parameeter näitab navigatsioonilist staatust, kas laev seisab ankrus, liigub mootorite jõul ja nii edasi. Viies parameetrik on laeva pöörderaadius. Kuuenda parameetrina tuuakse välja laeva kiirus. Seitsmendaks ja selle uurimustöö kõige tähtsamaks parameetrik on kohamäärangu täpsus, mis näitab, kas kasutatakse kõrge täpsusega asukohamäärangut või mitte. Kui selle parameetri väärtus on null, siis kasutatakse tavalist positsioneerimisseadet ja mille täpsus jääb üle kümne meetri. Kui parameetri väärtuseks on üks, siis kasutatakse kohamääranguks diferentsiaalmeetodit ja täpsus on alla kümne meetri. See on parameeter, mida oli vaja välja otsida, et saaks kätte laevad, mis kasutavad täpset kohamäärangut. Järgmiseks ehk kaheksandaks parameetrik on pikkuskraadid. Üheksandaks parameetrik on laiuskraadid. Kümnendaks antakse laeva kurss. Üheteistkümnendaks parameetrik on laeva liikumissuund. Kaheteistkümnenda parameetrina tuuakse ajatempel kordineeritud maailmaaja järgi. Kolmeteistkümnendaks parameeter on erimanöövri indikaator, mis näitab, kas laev tegeleb mingisuguse spetsiaalse manöövriga. Neljateistkümnendaks parameeter on jäetud varuks tuleviku tarbeks. Viieteistkümnendaks parameetrik on indikaator, mis näitab, kas kasutatakse algoritme kohamäärangu seadme pseudokauguste parandamiseks. Viimaseks parameetrik on sõnumi saatmise meetod. Kas saadetakse perioodilisi või juhuslikke sõnumeid, sellest olenevalt valitakse erinevalt vabasid ajahetki, kas *Self-organising time division multiple*

access või *Incremental Time Division Multiple Access* abil. Sõnumi ülesehitus on toodud ka Rahvusvahelise Meremärkide ja Tuletornide Administratsioonide Liidu (IALA- *International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities*) väljaandes IALA technical clarifications on recommendation ITU-r m.1371-3 (Lisa 1).

2.3 Sõnumite dekodeerimine

Praegu on saadaval mitmeid programme, mis tõlgivad automaatse tuvastussüsteemi sõnumeid lihtsale ja arusaadavale kujule. Lisaks on olemas ka veebipõhised programmid, mille jaoks ei tule midagi muud teha kui lihtsalt oma andmed sisestada ja tulemuseks saadakse tõlgitud sõnumid. Selliste veebipõhiste programmide miinuseks on see, et saadud andmeid on üsna keerukas edasi töödelda. Tulemuseks on küll ilusti tabelitesse jaotatud sõnumid, kuid neid on keeruline toimetada tabelarvutusprogrammi.

Mitmete katsetuste tulemusena järeldus, et kõige efektiivsem viis andmeid töödelda on, selleks kasutada spetsiaalset programmi nimega AIS Decoder (Joonis 6). Selle programmi eeliseks on hea kättesaadavus ja kasutamiseks pole vaja osta litsentsi. Kasutamiseks tuleb programm ainult alla laadida ja installeerida ning. Enne andmete sisestamist ja programmi käivitamist, tuleb programm seadistada vastavalt juhendile (Arundale), et saada soovitud tulemused. Esmalt tuleb märkida sisendi (Input Source) valimisel, et kasutatakse logi faili kuna automaatse tuvastussüsteemi sõnumid on salvestatud logifailina (Joonis 6). Selleks, et kuvataks vajalikud andmed, tuleb kuvamise (Display) valikutes märgistada õiged lahtrid (Joonis 6). Nmea sisendi valikutes tuleb märkida kastike recieved. See valik kuvab akna, kus näidatakse kõik sõnumid enne kodeerimist. Kokkuvõtte lahtris tuleks valida input filtered. Nüüd kuvatakse andmed pärast dekodeerimist. Detailide seadistuses tuleb valida filtreeritud variant, mis tagab selle, et andmed on sorteeritud ja ebavajalik on välja jäetud. Väljundi (Output) sektsioonis märgitakse lahter fail, sest tulemused kirjutatakse eraldi faili edasiseks andmetöötluseks.



Joonis 6. Programmi seadistamine

Käivitades programmi küsitakse logifaili, kust andmed saadakse. Selleks failiks on eelnevalt salvestatud ja kogutud AIS logifail. Kui see on sisestatud, siis käivitub programm ja hakatakse tuvastussüsteemi sõnumeid lahti kodeerima. Programmi lõpetades kuvatakse kokkuvõtte dekodeeritud sõnumitest. See kokkuvõtte on ülevaatlilik ja pealtvaadates ei ole väga detailne. Täpsema ülevaate saamiseks tuleb klõpsata sõnumi peale ning avaneb üksikasjalik ülevaade vastavast sõnumist, sisaldades andmeid, mida kirjeldati eelnevas peatükis (Joonis 7).

The screenshot displays the AisDecoder application interface. The top-left window, titled 'AisDecoder - Control/Stats [default.ini]', shows system status (08.05.2015 16:41:41), time zone settings (UTC), and various control buttons (Start, Pause, Stop, Options). The top-right window, titled 'Detail', provides a comprehensive breakdown of an AIS message, including its description, creation times, Nmea Sentence details, and vessel information.

The bottom window, titled 'Summary', contains a table of received AIS sentences. The table has the following columns: Sentence, MMSI, Message Type, DAC, FI, ID, Vessel Name, and Comments. The following table represents the data shown in this window:

Sentence	MMSI	Message Type	DAC	FI	ID	Vessel Name	Comments
IBSVDM	002766030	7					Binary Acknowledge
IBSVDM	341891000	1					Position Report Class A (Scheduled)
IBSVDM	377552000	1					Position Report Class A (Scheduled)
IBSVDM	240110000	1					Position Report Class A (Scheduled)
IBSVDM	000000000	7					Binary Acknowledge
IBSVDM	002766030	7					Binary Acknowledge
IBSVDM	231794000	1					Position Report Class A (Scheduled)
IBSVDM	273351510	1				PETERSBURG	Position Report Class A (Scheduled)
IBSVDM	002750150	4					Base Station Report
IBSVDM	002750150	20					Data Link Management
IBSVDM	257755000	1				LINDA	Position Report Class A (Scheduled)
IBSVDM	002750130	20					Data Link Management
IBSVDM	248678000	1					Position Report Class A (Scheduled)
IBSVDM	002750117	7					Binary Acknowledge
IBSVDM	275442000	1					Position Report Class A (Scheduled)
IBSVDM	276808000	1					Position Report Class A (Scheduled)
IBSVDM	000000000	7					Binary Acknowledge

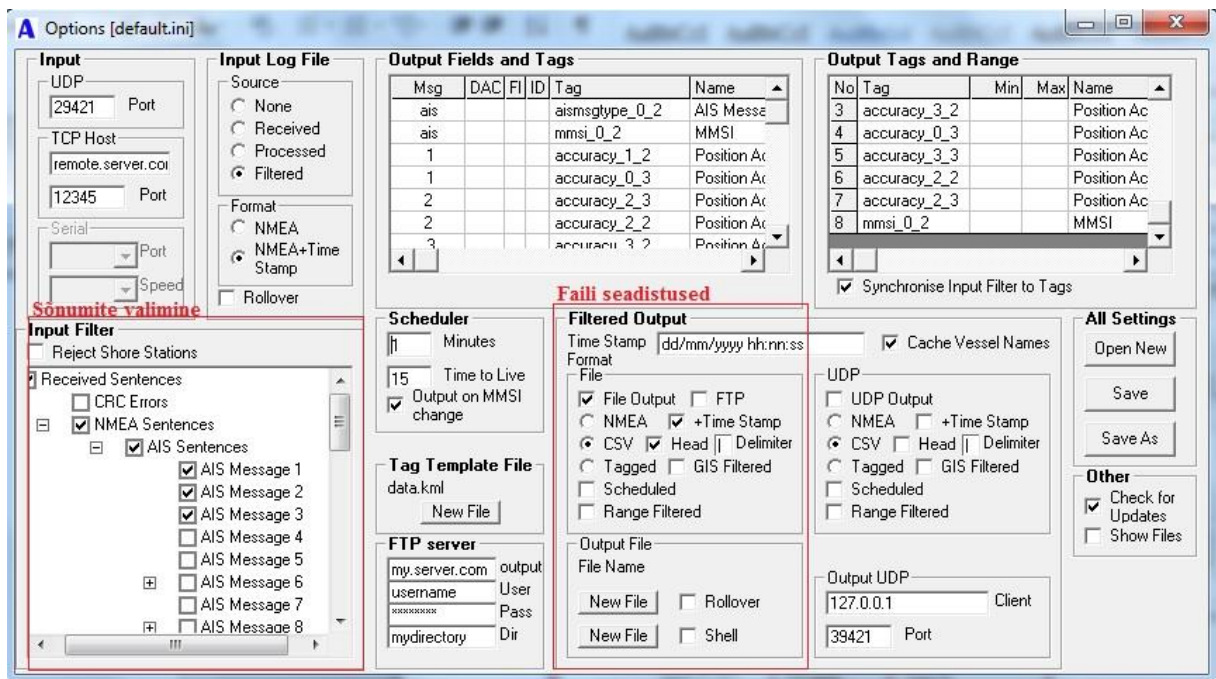
The 'Detail' window shows the following information for the selected sentence (IBSVDM,1,1,A,15'3IP001):

- Description:** Value: 08.05.2015 19:32:00, Value Description: 1431102720, 08.05.2015 16:32:00
- Nmea Sentence:** IBSVDM,1,1,A,15'3IP001(
- Received Time UTC:** 08.05.2015 16:32:00
- Talker:** BS, AIS Base Station
- Format:** VDM, AIS VHF data-link message
- AIS Sentence:** IBSVDM, AIS Base Station
- Fragments in this message:** 1
- Fragment No:** 1
- Sequential Message ID:** Not supplied
- Radio Channel:** A
- Payload:** 15'3IP001G110dQ3d4:F9, 168 bits (21 8-bit words)
- Fill bits:** 0
- CRC check:** 36
- Vessel Name:** Not yet received
- AIS Message Type:** 1, Position Report Class A (Scheduled)
- Repeat Indicator:** 0, Repeatable
- MMSI:** 377552000
- MID:** 377, Saint Vincent and the Grenadines
- Navigation Status:** 0, Under way using engine (Rule 23(a) or R)
- Rate of Turn (ROT):** 0, 0°/min
- Speed Over Ground (SOG):** 8.7, Knots
- Position Accuracy:** 0, >= 10m unaugmented GNSS fix (default)
- Longitude:** 22.8045, 22° 48,271' E
- Latitude:** 57.7724, 57° 46,344' N
- Course Over Ground (COG):** 316.0, *(degrees)
- True Heading (HDG):** 317, *(degrees)
- Time Stamp:** 21, Second of UTC timestamp
- Manoeuvre Indicator:** 0, not available (default)
- Spare:** 4, 3 bits
- RAIM Flag:** 0, RAIM not in use
- Communication:** 0, SOTDMA
- Sync State:** 0, UTC Direct
- Slot Time-out:** 2, Slots Left
- This Slot Number:** 876

Joonis 7. Dekodeeritud andmed ja detailne vaade

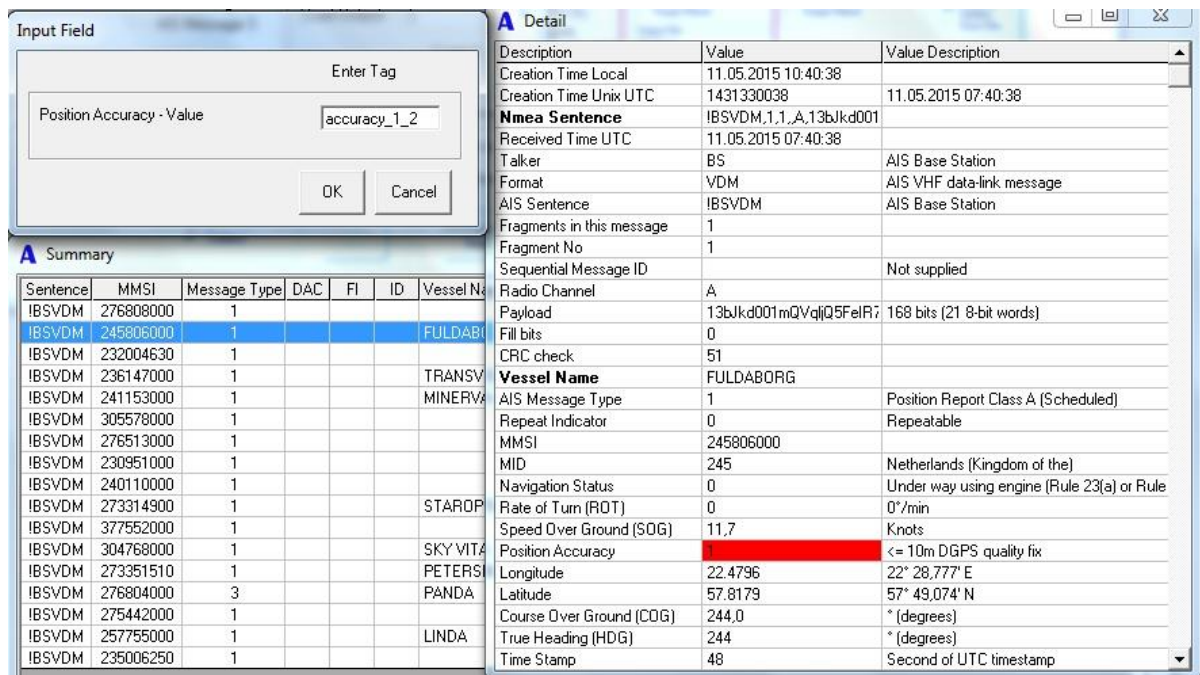
Kuna iga sõnumi detailne informatsioon avaneb eraldi, siis on ülevaate tegemine keeruline, sest iga sõnumi eraldi vaatlemine võtab väga palju aega. Selleks, et kätte saada vajalikud sõnumid, tuleb andmeid filtreerida ja viia tabelarvutus programmi Excel. Antud programmis on võimalik tekitada fail, mida saab avada Excelis.

Kõige pealt tuleb avada programmi valikud. Valiku akna avades on võimalik alt vasakust nurgast valida, milliseid automaatse tuvastussüsteemi sõnumeid uude andmefaili dekodeeritakse. Kuna vajalikud sõnumid on positsioneerimissõnumid, siis teades, et nendeks on sõnumid numbritega ühest kolmeni tuleb ära märkida just need (Joonis 8). Nüüd valib programm ainult need sõnumid ja jätab ebaolulised andmed vahele Järgmisena tuleb seadetes märkida väljundi valikud (Joonis 8). Programmile tuleb öelda, et filtreeritud andmed väljastatakse eraldi faili ja valida faili formaat. Lisaks tuleb märkida, et andmed eraldatakse päiste järgi. Valida tuleb ka loodava faili salvestamise asukoht. Kui programm käivitada, siis tulemuseks on fail, mida saab Excelis avada ja töödelda. Enne programmi käivitamist tuleks viimase etapina valida sõnumitest vajalik informatsioon.



Joonis 8. Väljundfaili seadistamine

Selleks, et sõnumitest vajalik informatsioon välja tuua on vajalik avada eelnevalt lahti kodeeritud andmed. Klõpsates sõnumitele, mis kannavad numbreid ühest kolmeni, avaneb detailne ülevaade (Joonis 9). Selles ülevaates tuleb klõpsata lahtritel, mis on vajalikud edasiseks töötamiseks. Nendeks on positsioneerimise täpsus ja laeva MMSI number. Vajutades vajaliku lahtri väärtuse peal avaneb aken, mis küsib, kas seda lahtrit tahetakse märgistada (Joonis 9). Nõustudes selle valikuga, märgitakse see lahter ja nüüd lisab programm need väärtused oma väljundfaili valikutesse.



Joonis 9. Väärtuste valimine

Sellela on programm seadistatud ja vajalik informatsioon sisestatud. Nüüd tuleb programm käivitada. Kui dekodeerimine on lõpetatud on vajalik avada tekitatud fail. Selleks tuleb otsida üles koht, kuhu see eelnevalt kästi paigutada. Kuna lõplik andmekogum sisaldab ligikaudu viis miljonit sõnumit, siis ei mahu see tabelarvutusprogrammi Excel ära, sest antud programm ei suuda korraga nii suurt andmehulka töödelda. Edasiseks andmetöötamiseks on vaja andmeid jaotada osadeks, selleks, et neid saaks avada tabelarvutusprogrammis. Avades lahti kodeeritud faili programmiga Wordpad, saab andmeid jaotada osadeks ja need viia Excelisse. Esialgselt avades ei ole andmed korrastatud. Korrekse esitusviisi saamiseks tuleb andmed salvestada ja nii, et iga lahter on eraldatud tabulatsiooniklahviga (Tab delimited). Avades uuesti viimati salvestatud faili, on iga väärtus eraldatud ja vastavas lahtris.

Faili avades Excelis on välja toodud sõnumi numbrid, asukoha täpsused ja laeva MMSI numbrid. Kuna laevad saavad pidevalt sõnumeid, siis on ühe ja sama laeva poolt saadetud sõnumeid mitu. Korduste vältimiseks tuleb sõnumeid filtreerida nii, et neid enam ei esineks. Tabelarvutusprogrammis on olemas selleks funktsioon filter (Joonis 10). Soovitud tulemuse saamiseks tuleb ära märkida laeva numbrite lahtrid terves ulatuses ja filtreerimise tööriista valikutest teha märged, et korduvaid numbreid ei kuvata. Kui funktsioon on oma töö lõpetanud on tulemuseks andmed, kus puuduvad ühe ja sama laeva poolt saadetud sõnumid.

Järgmiseks jääb üle lugeda positsioneerimise lahtrid, mille väärtus on üks, sest see väärtus tähendab diferentsiaalse kohamäärangu kasutamist. Saadud tulemuseks ongi laevade arv, mis kasutavad diferentsiaalse kohamäärangu meetodit.

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the 'Advanced Filter' dialog box open. The dialog box is configured with the following settings:

- Action:** Filter the list, in-place; Copy to another location
- List range:** output!\$D:\$D
- Criteria range:** (empty)
- Copy to:** (empty)
- Unique records only:**

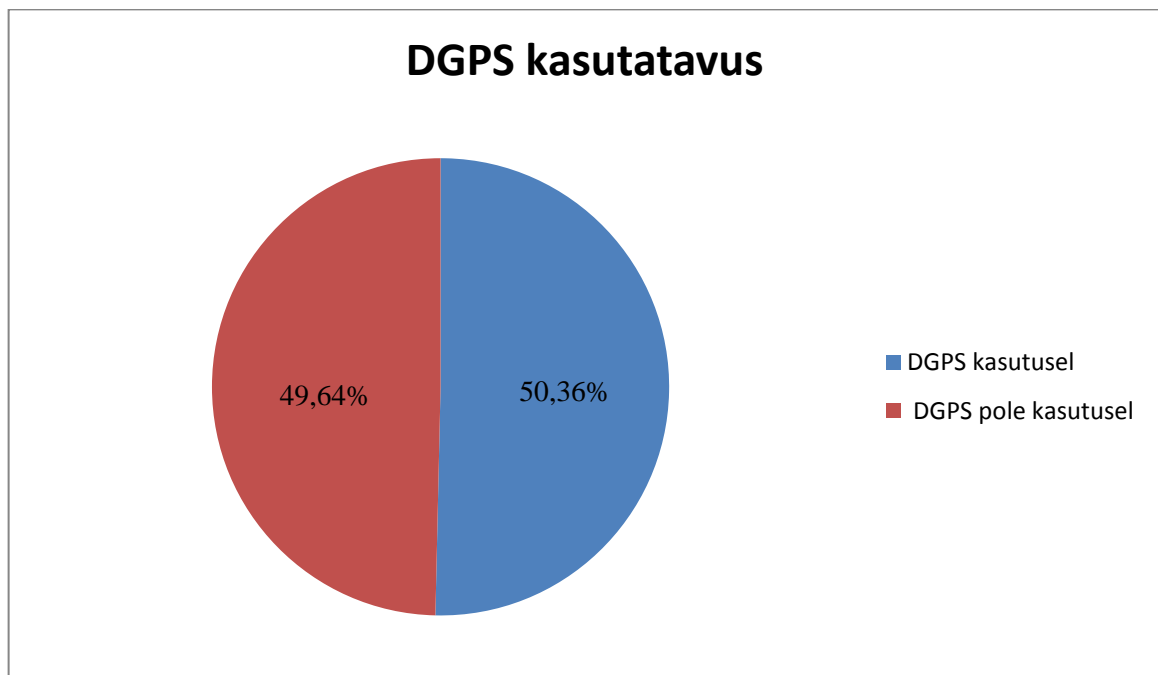
The data table in the background has the following columns and rows:

	A	B	C	D
1	~AIS Message Type	Position Accuracy	Position Accuracy	MMSI
2		1	1 <= 10m DGPS quality fix	276804000
3		1	1 <= 10m DGPS quality fix	275442000
4		1	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	257755000
5		1	1 <= 10m DGPS quality fix	276808000
6		1	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	241153000
7		1	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	235006250
8		1	1 <= 10m DGPS quality fix	245806000
9		1	1 <= 10m DGPS quality fix	232004630
10		1	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	304768000
11		1	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	240110000
12		1	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	231794000
13		1	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	377552000
14		1	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	341891000
15		1	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	273351510
16		1	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	563373000
17		3	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	371896000
18		1	1 <= 10m DGPS quality fix	276808000
19		1	1 <= 10m DGPS quality fix	275442000
20		1	1 <= 10m DGPS quality fix	538002756
21		1	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	236147000
22		1	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	241153000
23		3	0 >= 10m unaugmented GNSS fix (default)	636016210
24		1	1 <= 10m DGPS quality fix	245806000
25		1	1 <= 10m DGPS quality fix	305578000
26		1	1 <= 10m DGPS quality fix	220951000

Joonis 10. Andmete filtreerimine

3. UURIMISTULEMUSED

Andmetöötuse tulemustest järeldus, et saadetud positsioneerimissõnumeid kokku oli 4 986 189 miljonit. Esialgu tunduks, et neid on väga suurel hulgal, kuid siinkohal tuleb arvestada sellega, et sõnumite kordused on välja sorteerimata. Filtreeritud andmete hulk võrreldes esialgsega vähenes tunduvalt. Lõplikuks sõnumite hulgaks jäi 842. Nendest laevadest kasutas DGPS-i 424 ja 418 seda ei teinud. Protsendiliselt väljendades vastavalt 50,36 % ja 49,64 % (Joonis 11).



Joonis 11. Tulemuste jagunemine

3.1 Arutelu

Kui vaadelda laevu, mis ei kasutanud diferentsiaalse kohamäärangut, siis selgub, et nende hulgas on suurel hulgal kaubalaevu. Võiks arvata, et just suured alused, mis tegelevad kaupade vedamisega, panevad suuremat rõhku täpsele kohamäärangule, kuid tulemused näitasid, et paljud seda ei tee. Samuti oli nende hulgas ka laevu, millede vanus oli vähem kui kümme aastat ja sellised alused peaksid olema varustatud uudsete tehnoloogiliste vahenditega.

DGPS kasutajad olid enamasti kaubalaevad, mis ei ole ka üllatav. Kuna suured laevad on raskendatud manööverdamisvõimega ja veavad ka ohtlikke laste, siis on igati loogiline, et vajatakse täpset positsioneerimissüsteemi. Üldiselt on tulemus positiivne, sest kasutajaid oli rohkem kui mittekasutajaid.

3.2 Järeldused ja ettepanekud

Tulemustest järeldus, et diferentsiaalse positsioneerimissüsteemi kasutab pool uuringus osalenud laevadest, mis ei ole halb tulemus, kuid see protsent võiks olla veelgi suurem. Diferentsiaalse kohamäärangusüsteemi mitte kasutamine võib tuleneda sellest, et see ei ole kohustuslik ja paljud laevafirmad võivad otsustada seda mitte kasutada. Seadmete lisamine tähendab lisakulutusi ja seega kulude kokkuhoiuks neid seadmeid ei paigaldata.

Paremate tulemuste saamiseks tuleks rakendada meetmeid, mis seda tagaks. Üheks lahenduseks võiks välja tuua vastava positsioneerimistäpsuse seadmine. Näiteks saaksid sadamad seada piirangud sissesõitudel. Võiks olla sätestatud, et sadamatesse sissesõidul peab kohamäärangu täpsus olema selline, mis tagaks DGPS kasutamise. See paneks laevafirmad panustama laevade seadmete uuendamisse.

Rahvusvaheline Mereorganisatsioon võiks samuti sätestada nõuded diferentsiaalse kohamäärangusüsteemi kasutamise kohta. Välja tuua alad, kus täpne kohamäärang on eriti tähtis ja kehtestada näiteks suurtele kaubalaevadele ja ohtlikke aineid vedavatele laevadele positsioneerimistäpsuse piirangud. See aitaks kaasa diferentsiaalse kohamäärangu süsteemi kasutajate arvu tõusule.

Veel üheks võimaluseks tulemuste parandamiseks oleks tugijaamade võrgustiku parandamine. Praegusel hetkel on Eestis kaks tugijaama ja siia levivad ka Soome jaamad nagu

näiteks Porkkala. Kuna täpsus väheneb tugijaamast eemaldudes, võiks välja selgitada alad, kuhu oleks mõistlik paigaldada uusi referentsjaamu. Uuringu tulemustest järeldus, et pooled laevad kasutavad DGPS-i. See tähendab suurt laevade hulka ja seega võiks ka tugijaamade leviala olla kvaliteetsem. Hea tugijaamade võrgustik tagaks täpse kohamäärangu võimaluse igal ajahetkel ja kohas ning mõjuks ka kasutajate arvule positiivsel. Kvaliteetne leviala veenaks ka teisi kasutama diferentsiaalset kohamäärangusüsteemi..

KOKKUVÕTE

Käesolevas töös oli põhirõhk andmete töötlemisel. Tulemuse saavutamiseks kodeeriti lahti automaatse tuvastussüsteemi sõnumeid ja saadi vajalikud andmed edasiseks töötluseks. Sõnumite kodeerimisel kasutati selleks spetsiaalselt loodud programmi. Programmi abil sorteeriti sõnumite hulgast välja vajalikud positsioneerimissõnumid. Need sõnumid olid vajalikud kuna sisaldasid positsioneerimise meetodit ja selle täpsust. Edasine andmetöötlus toimus tabelarvutusprogrammi abil, kus tehti lõplik sorteerimine ja saavutati tulemus.

Uurimustöö eesmärgiks oli teada saada kui palju laevu kasutab diferentsiaalset positsioneerimise süsteemi. Tulemuse saamiseks kasutati automaatse tuvastussüsteemi poolt saadetuid sõnumeid. Tulemus saavutati läbi andmete tõlkimise ja sorteerimise. Kuna eesmärgi saavutamiseks kasutatud meetodid sisaldasid programmide kasutamist, siis vähendas see oluliselt inimlike vigade tegemist ja suurendas oluliselt tulemuse õigsust.

Lõplik tulemus väljendus selles, et viiekümne protsendi ulatuses uuringu käigus osalenutest laevadest kasutas diferentsiaalse kohamäärangusüsteemi ja ülejäänud viiskümmend protsenti laevu seda ei teinud.

Järeldusena võib väita, et ohutule laevasõidule pannakse järjest enam suurt rõhku ja pooled uuringus osalenud laevad panustavad sellesse, kasutades DGPSi. Teine pool uuringus osalenud laevadest ei pane rõhku täpsele kohamäärangule. Sellisele tulemusele võib suuresti kaasa aidata asjaolu, et diferentsiaalse kohamäärangu süsteem ei ole muudetud kohustuslikuks.

Soovitusi mida võiks olukorra lahendamiseks ette võtta on mitmeid. Üheks lahenduseks oleks kehtestada sadamate sissesõitudel kohamäärangu täpsustele piirangud. Diferentsiaalse kohamäärangusüsteemi kasutamisel suureneks positsioneerimise täpsus alla kümne meetri. See tähendaks, et laevafirmad peaksid oma laevu täiendama ja lisama neile seadmed, mis seda tagaksid. Muidugi võib arvata, et see on paljudele vastumeelt kuna tähendab lisakulutusi.

Teiseks lahenduseks võib pakkuda olukorra, kus Rahvusvaheline Mereorganisatsioon kehtestab reeglid kohamäärangu täpsusele. Määratakse alad, kus peavad

positsioneerimissüsteemid asukoha määrama väiksema veaga kui kümme meetrit. See eeldaks seda, et laevad peaksid olema varustatud diferentsiaalse kohamäärangusüsteemidega.

Kolmandaks lahenduseks võiks välja tuua baasjaamade võrgustiku täiendamise ja leviala suurendamise. Kuna diferentsiaalse kohamäärangu täpsus sõltub baasjaamast ja selle levialast, siis saaks baasjaamade juurde rajamisega muuta kvaliteeti veelgi paremaks. Hea baasjaamade võrgustik innustaks kasutama diferentsiaalset kohamäärangusüsteemi.

Tööle seatud eesmärk on saavutatud ja leitud diferentsiaalse kohamäärangu kasutamiste arv.

SUMMARY

DGPS USABILITY ANALYSIS USING AIS DATA

Arvi Arak

In the last decade the importance of satellite navigation in maritime community has increased significantly. It's because it is easy to use and highly accurate. The Baltic Sea is one of the busiest sea areas in the world. That means that there is also a higher risk of accidents. Satellite navigation offers good and accurate positioning service that leads to safer navigation. Although global positioning system is very accurate, there is a way to improve its quality even more.

The way to improve global positioning accuracy is to use augmented systems. Using a differential method increases the accuracy of global positioning systems. Differential positioning system uses a base station or reference station at a known location to determine errors in gps signals. It measures gps signals with its known location then calculates errors and sends positional fixes to a mobile station where these fixes are applied to position information.

The aim of this study is to find out how many ships are using differential positioning systems. In order to do that, data of automatic identification system is needed.

In this study a large amount of automatic identification system messages were needed. Once the messages were collected an analysis could begin with the data. The first thing was to decode the messages. The messages were coded because that's how the automatic identification system sends information. For decoding the data a program called AIS decoder was used. It decodes the messages so that it is easier to work with them. It also has an option to filter the results and get a file with the data that is needed for future work. Program creates a file that can be easily opened with spreadsheet software programs. In this study a program called Excel was used. In this program the data was sorted and filtered to get the end result.

The result of this study was that fifty percent of ships did use a differential positioning system and the other fifty percent did not.

This result is a little bit low considering how many big vessels there were in the time of the study. One can only assume that big cargo vessels should use high accurate positioning systems, but in this case half of the vessels did not use it. Even many newer ships were using unaugmented positioning systems. The use of differential positioning systems are not compulsory and maybe that is the reason why less than half of the ships use it.

Setting positioning accuracy limits to port entrances may improve the differential positioning system usage. Also National Maritime Organization could set some rules how accurate the positioning should be. Improving the reference station network can also increase the usage, because better quality means more users.

VIIDATUD ALLIKAD

Arundale, N. AIS Decoder Help.

<http://nmearouter.com/docs/ais/AisDecoderHelp.pdf> (01.05.2015)

El-Rabbany, A. (2006) Introduction to GPS: the global positioning system. 2nd ed. Norwood: Artech House INC.

Grewal, M. S., Weill, L. R., Andrews, A. P. (2007) Global positioning systems, inertial navigation and integration. 2nd ed. Hoboken: John Wiley and Sons INC.

Hermann, B., Stankiewicz, M., Vlasov, N. (2010) Maritime Activities in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment on maritime activities and response to pollution at sea in the Baltic Sea Region. Balt. Sea Environ. Proc. No. 123. Helsinki: Erweko Painotuote Oy.

IMO model course 1.34: Automatic identification systems. (2006). / IMO. London: International Maritime Organization.

Kaplan, E. D., Hegarty, C. J. (2006) Understanding GPS: principles and applications. 2nd ed. Norwood: Artech House INC.

Leick, A. (2004) GPS satellite surveying. 3rd ed. Hoboken: John Wiley and Sons INC.

Mahmud, M. R., Othman, R. (2006) Hydrographic Survey: Current Trends, Techniques and Applications. 1st ed. Johor Bahru: Penerbit UTM.

Norris, A. (2008) Integrated bridge systems. Practical guide, vol 1: Radar and AIS. London: The Nautical Institute.

Parkins, A. J. (2009). Performance of precise marine positioning using future modernised global satellite positioning systems and a novel partial ambiguity resolution technique. UCL Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering. 149lk. (Doctor)

Payne, J. C. (2007) The marine electrical and electronics bible. 3rd ed. Dobbs Ferry: Sheridan House INC.

SOLAS chapter V safety of navigation. (2002). / International Maritime Organization.
<http://www.imo.org/ourwork/facilitation/documents/solas%20v%20on%20safety%20of%20navigation.pdf> (02.05.2015)

Table of DGNSS Stations A-H updated November 2014. International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities.
http://www.iala-aism.org/publications/category.html?order_by=date_revised&order_type=DESC
(02.05.2015)

Tetley, L., Calcutt, T. (2004) Electronic navigation systems. 3rd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Worldwide radionavigation system. Resolution A.1046(27). (2011). / International Maritime Organization.
<http://www.imo.org/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Documents/A%20-%20Assembly/1046%2827%29.pdf> (01.05.2015)

LISAD

Lisa 1. Positsioneerimissõnumi ülesehitus

<i>Parameter</i>	<i>Number of bits</i>	<i>Description</i>
<i>Message ID</i>	6	<i>Identifier for this message 1, 2 or 3</i>
<i>Repeat indicator</i>	2	<i>Used by the repeater to indicate how many times a message has been repeated. See § 4.6.1, Annex 2; 0-3; 0 = default; 3 = do not repeat any more</i>
<i>User ID</i>	30	<u><i>Unique identifier such as MMSI number</i></u>
<i>Navigational status</i>	4	<i>0 = under way using engine, 1 = at anchor, 2 = not under command, 3 = restricted manoeuvrability, 4 = constrained by her draught, 5 = moored, 6 = aground, 7 = engaged in fishing, 8 = under way</i>
		<i>sailing, 9 = reserved for future amendment of navigational status for ships carrying DG, HS, or MP, or IMO hazard or pollutant category C, high speed craft (HSC), 10 = reserved for future amendment of navigational status for ships carrying dangerous goods (DG), harmful substances (HS) or marine pollutants (MP), or IMO hazard or pollutant category A, wing in grand (WIG); 11-134 = reserved for future use, 14 = AIS-SART (active), seeking to attract attention, 15 = not defined = default (also used by AIS-SART under test)</i>
<i>Rate of turn ROT_{AIS}</i>	8	<i>0 to +126 = turning right at up to 708° per min or higher 0 to -126 = turning left at up to 708° per min or higher Values between 0 and 708° per min coded by $ROT_{AIS} = 4.733 \text{ SQRT}(ROT_{sensor})$ degrees per min where ROT_{sensor} is the Rate of Turn as input by an external Rate of Turn Indicator (TI). ROT_{AIS} is rounded to the nearest integer value. +127 = turning right at more than 5° per 30 s (No TI available) -127 = turning left at more than 5° per 30 s (No TI available) -128 (80 hex) indicates no turn information available (default). ROT data should not be derived from COG information.</i>
<i>SOG</i>	10	<i>Speed over ground in 1/10 knot steps (0-102.2 knots) 1 023 = not available, 1 022 = 102.2 knots or higher</i>
<i>Position accuracy</i>	1	<i>The position accuracy (PA) flag should be determined in accordance with Table 1 = high (< > 10 m) 0 = low (> < 10 m) 0 = default</i>

<i>Longitude</i>	28	<i>Longitude in 1/10 000 min ($\pm 180^\circ$, East = positive (as per 2's complement), West = negative (as per 2's complement). 181 = (6791AC0h) = not available = default)</i>
<i>Latitude</i>	27	<i>Latitude in 1/10 000 min ($\pm 90^\circ$, North = positive (as per 2's complement), South = negative (as per 2's complement). 91 = (3412140h) = not available = default)</i>
<i>COG</i>	12	<i>Course over ground in 1/10 = (0-3599). 3600 (E10h) = not available = default. 3 601-4 095 should not be used</i>
<i>True heading</i>	9	<i>Degrees (0-359) (511 indicates not available = default)</i>
<i>Time stamp</i>	6	<i>UTC second when the report was generated by the electronic position system (EPFS) (0-59, or 60 if time stamp is not available, which should also be the default value, or 61 if positioning system is in manual input mode, or 62 if electronic position fixing system operates in estimated (dead reckoning) mode, or 63 if the positioning system is inoperative)</i>
<i>special manoeuvre indicator</i>	2	<i>0 = not available = default 1 = not engaged in special manoeuvre 2 = engaged in special manoeuvre (i.e.: regional passing arrangement on Inland Waterway)</i>
<i>Spare</i>	3	<i>Not used. Should be set to zero. Reserved for future use.</i>
<i>RAIM-flag</i>	1	<i>Receiver autonomous integrity monitoring (RAIM) flag of electronic position fixing device; 0 = RAIM not in use = default; 1 = RAIM in use. See Table</i>
<i>Communication state</i>	19	<i>See Table 46</i>
<i>Number of bits</i>	168	

Allikas: (IALA technical clarifications on recommendation ITU-r m.1371-3)

Lisa 2. DGPS tugijaamade asukohad ja detailid

Table of DGNSS Stations			Country: ESTONIA				Date of issue: January 2002 Date of last update: November 2014			
Station name	Identification Numbers		Geographical Position Latitude Longitude WGS 84	Nominal range		Station in operation	Integrity Monitoring	Transmitted message types	Freq. (kHz)	Bit rate (bps)
	Reference Stations	Transmitting Station		km	At (mV/m)					
Narva	841	531	59°28' N 28°02' E	170	50	Yes	Yes	3 9 16	295.5	100
Ristna	840	530	58°56' N 22°03' E	190	50	Yes	Yes	3 9 16	307	100

Lisa 2 järg

Table of DGNSS Stations				Country: FINLAND				Date of issue: January 2002 Date of last update: November 2014			
Station name	Identification Numbers		Geographical Position Latitude Longitude WGS 84	Nominal range		Station in operation	Integrity Monitoring	Transmitted message types	Freq. (KHz)	Bit rate (bps)	
	Reference Stations	Transmitting Station		km	At (mV/m)						
Klamila	606	406	60°30' N 27°26' E	250	50	Yes	Yes	3 6 7 9 16	287	100	
Porkkala	600	400	59°58' N 24°23' E	250	50	Yes	Yes	3 6 7 9 16	293.5	100	

Allikas: (Table of DGNSS Stations A-H updated November 2014)