



Drone logistiikka

Marko Honkanen

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2020

Automaatioteknologian YAMK

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Automaatioteknologian YAMK

HONKANEN, MARKO:
Drone logistiikka

Opinnäytetyö 116 sivua, joista liitteitä - sivua
Kesäkuu 2020

Tämän opinnäytetyön tilaaja on Citylogistiikka hankekokonaisuus, jonka tehtävänä on kehittää ja tutkia uusien logistiikka ratkaisujen toteuttamista, Tampereen ammattikorkeakoulu osallistuu hankkeeseen tutkimalla miehittämättömien ilma-alusten eli droonien soveltamista kestävämpään citylogistiikkaan. Tampereen ammattikorkeakoulu antoi ylempään korkeakoulututkintoni opinnäytetyön aiheeksi drone logistiikka. Tarve tutkia ratkaisuja miehittämättömien ilma-alusten osallistumista osana perinteistä jakelulogistiikkaa, sekä kyseisen toiminnan taloudellisuus ja kannattavuus näkökulmien arviointia.

Aineistona on käytetty kirjallisuutta, sekä logistiikan ja ilmailulainsäädännön osalta Citylogistiikan järjestämiä yhteiskehittämispajoja ja Tampereen ammattikorkeakoulun tammikuussa 2020 järjestämän Nordic Drone Event asiantuntija seminaarin aineistoa. Logistiikan tutkimuksesta on käytetty vuotuisten Turun kauppakorkeakoulun logistiikkaselvitysten, sekä Liikenne- ja viestintäviraston lähteistä saatua aineistoa. Uusia 1.7.2020 voimaan tulevia säädöksiä on myös työssä esitelty ja selvennetty. Huomattava osuus talouden, markkinoinnin, strategian ja yritysjohtamisen aineistosta on ammennettu Tampereen teknillisen yliopiston tuotantotalouden koulutusaineistosta vuosilta 2010 – 2014.

Työssä on vertailtu eri drone ratkaisuja rakenteellisesti, energiaratkaisujen ja taloudellisuuden näkökulmasta. Näitä ominaisuuksia on vertailtu perinteisen logistiikan kalustoratkaisujen rinnalla kokonaiskustannus, käytettävyys ja kannattavuus näkökulmasta. Työssä on myös arvioitu markkinatilannetta logistiikan näkökulmasta, huomioiden mahdollisia muutostekijöitä, jotka vaikuttavat kuluttajien käyttäytymiseen ja tätä kautta logistiseen toimintaan ja kysyntään. Lopuksi on tarkasteltu ansaintalogiikkaa ja strategioita, sekä käsitelty keinoja, joilla havaita drone logistiikalle edullisia menestymisvisioita markkinoille tunkeutumisen edistämiseksi.

Johtopäätöksenä voidaan mainita, että lainsäädännölliset muutokset määrittävät suuresti droonien yleistymistä logistiikassa ja muussa palvelutoiminnassa. Teknologian edistyminen, taloudellisuus ja automaatio eivät ole uuden tekniikan läpimurrolle pullonkaulana. Logistiikan on tulevaisuudessa kyettävä vastaamaan useisiin haasteisiin. Pidän todennäköisenä, että drone logistiikka ratkaisee tulevaisuudessa osan näistä haasteista.

Asiasanat: drone, logistiikka, uav, taloudellisuus, kannattavuus, strategia, visio

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Master's degree in automation technology

HONKANEN MARKO:
Drone logistics

Master's thesis 116 pages, appendices - pages
June 2020

The client of this thesis is the City Logistics project, whose task is to develop and study the implementation of new logistics solutions. Tampere University of Applied Sciences participates in the project by studying the application of unmanned aircraft, ie Drones, to more sustainable city logistics. Tampere University of Applied Sciences gave drone logistics as the topic of my master's thesis. The need to study solutions for the participation of unmanned aerial vehicles as part of traditional distribution logistics, as well as the assessment of the economics and profitability of such operations.

The material used is literature, as well as co-development workshops organized by City Logistics in terms of logistics and aviation legislation, and the material of the Nordic Drone Event expert seminar organized by Tampere University of Applied Sciences in January 2020. The material from the sources of the annual logistics reports of the Turku School of Economics and data from and the Finnish Transport and Communications Agency have been used for the logistics research. New regulations that will come into force on July 1, 2020 have also been presented and clarified in the work. A considerable part of the material on economics, marketing, strategy and corporate management has been drawn from the production economics training material of Tampere University of Technology from 2010 to 2014.

The work compares different drone solutions structurally, from the perspective of energy solutions and economy. These features have been compared alongside traditional logistics solutions from a total cost, usability and profitability perspective. The work has also assessed the market situation from the point of view of logistics, taking into account possible factors of change that affect consumer behavior and thus logistics operations and demand. Finally, earnings logic and strategies have been reviewed, as well as ways to identify successful visions of success for drone logistics to drive market penetration.

In conclusion, legislative changes will largely determine the prevalence of drone operations in logistics and other service activities. Technological progress, economy and Automation are not a bottleneck for new technology breakthroughs. Logistics must be able to meet a number of challenges in the future. I consider it likely that drone logistics will solve some of these challenges in the future.

Key words: drone, uav, logistics, economy, profitability, strategy, vision

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	10
1.1	Aiheen valinta ja rajaus	10
1.2	Tavoite	11
1.3	Työn rakenne	12
2	TUTKIMUSMENETELMÄT	13
2.1	Tutkimusfilosofia, lähestymistapa ja strategia	14
2.2	Tiedonkeruu- ja analysointimenetelmät.....	16
3	TEKNIikka	19
3.1	Miehittämätön ilma-alus eli drone.....	19
3.1.1	Lentotekniikka.....	27
3.1.2	Järjestelmätekniikka	41
3.1.3	Luotettavuuden arviointi	50
3.1.4	Tulevaisuuden näkymät drone teknologia kehityksessä.....	53
3.2	Energiaratkaisut ja vertailut	55
4	ILMAILUN LAIT JA SÄÄNTELY	65
4.1	Yleiset säädökset dronetoiminnalle.....	65
4.2	Kansainväliset säännöt ja normit.....	68
4.3	Uudet heinäkuussa 2020 käyttöönotettavat direktiivit	69
4.4	Hankkeita tulevaisuuden ilmailun muutokseen	72
5	LOGISTIIKKAJÄRJESTELMÄ	73
5.1	Määritelmä	73
5.1.1	Infrastruktuuri.....	75
5.2	Olemassa oleva logistinen markkinatilanne, areena	75
5.2.1	Kauppan ja logistiikan toimintamallit.....	78
5.3	Perinteisen jakelulogistiikan toteutus	81
5.3.1	Ilmaliikenteen logistiikka	82
5.3.2	Maaliikenteen logistiikka.....	84
5.3.3	Vesiliikenteen logistiikka.....	86
5.4	Logistisen areenan tunnusluvut ja näkymät	86
6	STRATEGIA	95
6.1	Visio	106
7	POHDINTA	111
	LÄHTEET.....	115

LYHENTEET JA TERMIT

Agile	Notkea ja mukautuva liiketoimintamalli.
APS	Advanced Planning and Scheduling: toiminnanohjausjärjestelmä, joka integroi eri toimintoja, esimerkiksi tuotantoa, jakelua ja varastonhallintaa, kuten ERP mutta off-line tilassa.
ATM	Air Traffic Management: ilmaliikenteen hallinta
B2B	Business to Business: Yritykseltä yritykselle käytävä kauppa
B2C	Business to Consumer: Yritykseltä kuluttajille käytävä kauppa
BDA	Big Data: Isojen tietokantojen hallinnointi ja käsittely
BVLOS	Beyond Visual Line- of- Sight: suoran näköyhteyden ulkopuolella
C2C	Consumer to Consumer: kuluttajien välistä keskinäistä kauppaa
COVID-19	koronavirus, joka lähti leviämään Kiinasta joulukuussa 2019 aiheuttaen globaalin pandemian
CTR	Control Zone: lentopaikan lentotiedotusvyöhyke
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency: Yhdysvaltain asevoimien tutkimusorganisaatio
DGPS	parantaa maa-asemien avustuksella korjaussignaalein GPS -järjestelmän tarkkuutta
EAKR	Euroopan aluekehitysrahasto
EASA	Euroopan lentoturvallisuusvirasto
Ecoaita	Menetelmä, jolla voidaan rajata tietyt ilmatilat drooneista vapaiksi ja pääsemättömiksi.
ERP	Enterprise Resource Planning: toiminnanohjausjärjestelmä, joka integroi eri toimintoja, esimerkiksi tuotantoa, jakelua ja varastonhallintaa, kuten APS mutta on-line tilassa
EU	Euroopan Unioni

EVLOS	Extended Visual Line- of- Sight: suora näköyhteys käyttäen apuna kauko-ohjaustähystäjää.
FIZ	Flight Information Zone: lentopaikan radiovyöhykkeellä
FTK	Freight-Tonne-Kilometres: Logistiikan kuljetussuorituksen mittari tonnikilometrit
FUA-asetus	ilmatilan hallintayksikkö voi erityisestä syystä määrittää ja osoittaa tilapäisen vaara-alueen enintään kahden viikon ajaksi
GPS-	Global Positioning System: maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä
GSCM	Green Supply Chain Management: Vihreän toimitusketjun hallinta, vastaava kuin SCM mutta vaikuttaessaan toimitusketjun toimintaan osallistuvien organisaatioiden kokonaisympäristövaikutuksiin.
HALE	High Altitude Long Endurance: Nämä dronet kykenevät lentämään korkealla >12 000 metrin korkeudella ja suorittamaan pitkän kantaman tehtäviä.
HTOL	Horizontal take-off and landing: Vaakasuunnassa lentoon lähtevät ja laskeutuvat ilma-alukset
IATA	The International Air Transport Association: Kansainvälinen ilmakuljetusliitto on maailmanlaajuinen lentoyhtiöiden etu- ja yhteistyöjärjestö
ILS	Lentokentän suuntainen mittarilennon avustamiseksi tarkoitettu lähestymistutka.
IOT	Internet of Things: laitteiden internetti keskinäiseen kommunikointiin
ITF	International Transport: on OECD:n alainen logistiikka foorumi
JARUS	Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems: JARUS-työryhmä on vastaava hanke kuin eurooppalainen SESAR, joka suunnittelee tulevaa UA ilma-aluksia koskevaa kansainvälistä säännöstöä
JIT	Just in Time: tuotannon ja toimitusten ohjausjärjestelmä, jossa toimitus tapahtuu oikea

	aikaisesti, ei ennemmin eikä myöhemmin, tarkoituksena vähentää välivarastointia.
LCO	Litiumkoolttioksidi akkumineraali
Lean	Harkittu tarkan säädely prosessituotannon optimointimalli
Lennokki	lentämään tarkoitettu laite, jonka mukana ei ole ohjajaa ja jota käytetään harraste- tai urheilutarkoitukseen.
LFP	Litiumrautafosfaatti akkumineraali
LiDAR	Light Detection and Ranging eli valotutka
LMO	Litium-ioni-mangaanioksidi akkumineraali
LTO	akkumateriaaleista
MALE	Medium Altitude Long Endurance: Nämä dronet jotka lentävät 12 000 metrin korkeudella, ja suorittamaan pitkän kantaman tehtäviä.
MAV	Micro Air Vehicle: alle 150 mm (6 inc.) drone, käytetään yleensä suljetuissa ja sisätiloissa esimerkiksi tarkastustehtävissä
MTBF	Mean Time Between Failures: keskimääräinen aika laitteen vikaantumiseen sen edellisestä alkuperäiseen kuntoon saattamisesta (korjauksesta).
MTTR	Mean Time To Repair: keskimääräisiä korjausaikojen väli
NACE	EU:n NACE-luokitus määrittelee toimialoja ja johon perustuu myös Suomen toimialaluokitus TOL 2008
NAV	Nano Air Vehicles: alle 5 cm ja 10 g:n drone, käytetään yleensä suljetuissa ja sisätiloissa esimerkiksi tarkastustehtävissä
NCA	Litium-nikkelikooltti-alumiinioksidi akkumineraali
NMC	Litium-nikkeli mangaani koolttioksidi akkumineraali
OAMK	Oulun ammattikorkeakoulu
OPS M1-32	Säädöskokoelma, joka määrittää ohjeistuksen kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin lennättämiselle Traficomien määräyksellä.

PESTEL	Political, Economic, Socio-cultural, Technological Environmental and Legal: analysointimalli, joka huomioi yrityksen ulkoisia tekijöitä
QTW-UAV	HTOL:n ja VTOL:n hybridi UAV.
RMZ	Radio Mandatory Zone: radio pakollinen alue esimerkiksi lentokenttien läheisyydessä
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System: kauko-ohjatun ilma-aluksen käytön kokonaisjärjestelmä, johon sisältyy: kauko-ohjattu ilma-alus, sen kauko-ohjauspaikat, tarvittavat ohjaus- ja seurantayhteydet ja muut erikseen määrätyt käytön edellyttämät järjestelmän osat. RPAS on myös lupa, jota voidaan hakea Traficomilta lentotyön tekemiseen.
RPK	Revenue-Passenger-Kilometres: Henkilöliikenteen mittari, maksetut henkilökilometrit
RPS	Remote Pilot Station: tarkoittaa kauko-ohjauspaikkaa.
RPV	Remote piloted vehicle: Alun perin droneja nimitettiin RPV:ksi, ennen UMA:ta ja UAV:ta
SCB	The Stakeholder Consultation Body: Sidosryhmäkonsultointielin on ilmailualan järjestöjen itsehallinnollinen yhdistys
SCM	Supply Chain Management: Toimitusketjun hallinta tarkoittaa tavaroiden toimituksen ja palveluketjun optimointia.
SERA	Standardised European Rules of the Air: EU-komission yhteinen lentosäännöstö, määrittävät toistaiseksi Suomessakin käytettävän ohjeistuksen kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin lennättämiselle.
SESAR	Single European Sky ATM Research: SESAR -hankkeen tavoitteena on yhtenäistää ja kehittää eurooppalaista ilmaliikenteen hallintaa ja mahdollistaa Euroopan älykkään lentoliikennejärjestelmän rakentaminen
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats: analysointimalli, joka huomioi tarkasteltavan kohteen

	vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia luoden kuvan olemassa olevasta tilasta
TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
TEU	Twenty foot Equivalent Unit: Laivojen konttiliikenteessä käytettävä 20 jalan peruskontti TEU on 20 x 8 x 8,5 jalkaa eli sen sisätilavuus on 32 kuutiometriä ja kokonaistilavuus 38 kuutiometriä.
UA	Unmanned Aircraft, miehittämätön ilma-alus, ilma-alus, joka on tarkoitettu lentämään ilman ilma-aluksessa mukana olevaa ohjaajaa; tällä ei tarkoiteta lennokkia.
UAS	Unmanned Aircraft Systems: Miehittämättömän lentokaluston ylläpitämiseen ja käyttöön sitoutetut resurssit ja järjestelmät.
UAV	Unmanned Aerial Vehicle, drone tai drooni, ks. UA ja drone
UCAV	Unmanned Combat Air Vehicles
UMA	Unmanned Air Vehicle: droneja nimitettiin RPV:n jälkeen myös UMA:ksi
UNSA/USD	Uninhabited Naval Strike Aircraft /Uninhabited Surveillance Drone: miehittämättömien ilmavoimien nimitys jota Pohjois-Atlantin liitto (NATO) käytti yhdysvaltojen ohessa.
USAF	The United States Air Force: Yhdysvaltain ilmavoimat
VLOS	Visual Line- of- Sight: suora näköyhteys
WMS/TMS	Warehouse/Transportation Management Systems: varastojen- ja kuljetustenhallintajärjestelmien hallinnointiohjelmia
VO	Visioperusteinen navigointi.
VTOL	Vertical take-off and landing: Pystysuoraan lentoon lähtevät ja laskeutuvat ilma-alukset

1 JOHDANTO

1.1. Aiheen valinta ja rajaus

Citylogistiikka on EU:n aluekehitysrahaston rahoittama hankekokonaisuus, jonka tehtävänä on kehittää ja tutkia uusien logistiikka ratkaisujen toteuttamista kolmella projektissa kohdennetussa kaupunkialueella Helsingissä, Tampereella ja Turussa.

Helsingin osaprojektissa on tavoitteena ratkaista viimeisten metrien kuljetuspalveluiden haasteet älykkään ja urbaanin logistiikan järjestämiseksi mahdollisimman kevyesti, kestävästi ja tehokkaasti.

Turun osaprojektissa on tavoitteena testata erilaisia digitaalisia ratkaisuja, jotka edistävät vähähiilisen kaupunkilogistiikan kehittämistä ja tutkimusta.

Tampereen osaprojektissa, jota toteuttaa Tampereen ammattikorkeakoulu, tutkitaan miehittämättömien ilma-alusten eli dronien soveltamista kestävämpään citylogistiikkaan.

Opinnäytetyölleni oli tarve osana Tampereen osaprojektia tutkia ratkaisuja miehittämättömien ilma-alusten osallisuutta kokonaistaloudellisuuteen ja kannattavuuteen, osana uutta- tai rinnakkaista logistiikkaratkaisua toteutettuna perinteisen jakelulogistiikan ohessa. Opinnäytetyön aihe rajattiin koskemaan droneilla toteutettavan ilmateitse tapahtuvan logistiikan tutkimiseen Tampereen kaupunkiseudun alueella. Alueellinen rajaus on tarpeen sen vuoksi että eri sijainneissa ilmaliikenneolosuhteet saattavat olla hyvinkin toisistaan poikkeavia ja tällöin infrastruktuurin ja fasiliteettien osalta toteutus ei olisi keskenään yhteneväisiä. Myös eri sijainneissa toteutettavan drone logistiikan lainsäädännölliset vaatimukset ja näiden ohessa kaluston ja operaattoreiden vaatimukset olisivat toisistaan poikkeavia. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan Tampereen kaupunkiseudun drone logistiikan visioimista, sen soveltuvuutta olemassa olevan logistiikan lisäävänä tai täydentävänä komponenttina kokonaistaloudellisena ja kannattavana palveluna.

1.2. Tavoite

Ensinnä opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ilmaitse kulkevien dronein suoritettavan logistiikan mahdollisuuksia Tampereen kaupunkiseudun alueella. Työssä analysoidaan vaihtoehtoja, kuinka drone logistiikka voidaan hyödyntää sekä miten voidaan edistää mahdollisuutta tulevaisuudessa siirtää osan logistiikan kapasiteetista dronein toimitettavaksi loppuasiakkaille ja asiakkailta paluukuljetuksin alkuperäisille toimittajille kestävästi ja kokonaistaloudellisesti. jotta voidaan havainnoiden ja arvioiden muutosta.

Toiseksi tarvitaan indikaattorit, joilla voidaan analysoida sekä drone logistiikan, että perinteisen logistiikan kannattavuutta.

Kolmanneksi tarvitaan visio, josta saadaan luotua tavoite, johon pyrkimällä toteutetaan ilmaitse toimiva drone logistiikan infrastruktuuri, sekä tarvittava strategia ja muutostekijät sen toteuttamiseksi.

Lopulta neljänneksi, kun tunnetaan logistinen toimintaympäristö, sekä logistiikkaa mittaavat indikaattorit, pystytään luomaan tavoitteita. Tavoitteiden saavuttamiseksi on luotava strategia, joka hyödyntää tunnistettuja ja käytettävissä olevia muutostekijöitä, jolla voidaan edistää drone logistiikan toteuttamista ja arvioida sen vaikutuksia taloudelliseen kokonaiskannattavuuteen.

Koska drone logistiikan vertailevaa kustannuslaskentaa ei ole vielä paljoa saatavilla ja toisaalta perinteisen logistiikan kustannuksia on aikaisemmin arvioitu hyvin erilaisin mittarein ja muutostekijöin, sekä näiden taustalla vaikuttavin arvoin, joilla drone logistiikka ei tulevaisuudessa voida arvioida. On tarpeen hahmottaa uudet vertailukelpoiset indikaattorit, arvot ja muutostekijät, jotka vaikuttavat taloudellisen kokonaiskannattavuuden arviointiin. Tältä pohjalta on luotu työn tutkimuskysymykset:

1. Millainen on Tampereen seudun ilmaitse toimiva logistinen toimintaympäristö?

2. Mitkä indikaattorit määrittävät tulevaisuudessa ilmaitse toimivan logistiikan luokittelun?
3. Millainen visio on tulevaisuuden droneilla toteutettavan logistiikan toimintatapa?
4. Mitkä muutostekijät vaikuttavat tulevien ilmaitse toimivan logistiikan indikaattoreihin?
5. Mikä vaikutus on tunnistetuilla muutostekijöillä ilmaitse toimivan logistiikan taloudelliseen kokonaiskannattavuuteen?

1.3. Työn rakenne

Tutkimusmenetelmät osiossa kuvataan opinnäytetyössä käytettävät menetelmät ja niiden perustan metodologia. Kuinka tutkimuskysymyksiä ratkaisemiseksi on hankittu aineistoa ja miten sitä analysoidaan.

Opinnäytetyön sisällön tekniikka, logistiikkajärjestelmä ja strategia osiossa kuvataan työn rakenne, joka alkaa tekniikan ja logistiikkajärjestelmän kuvauksista sekä strategian määritelmästä, jotta lukija ymmärtää mihin asiayhteyksiin työ ja sen tulokset perustuvat.

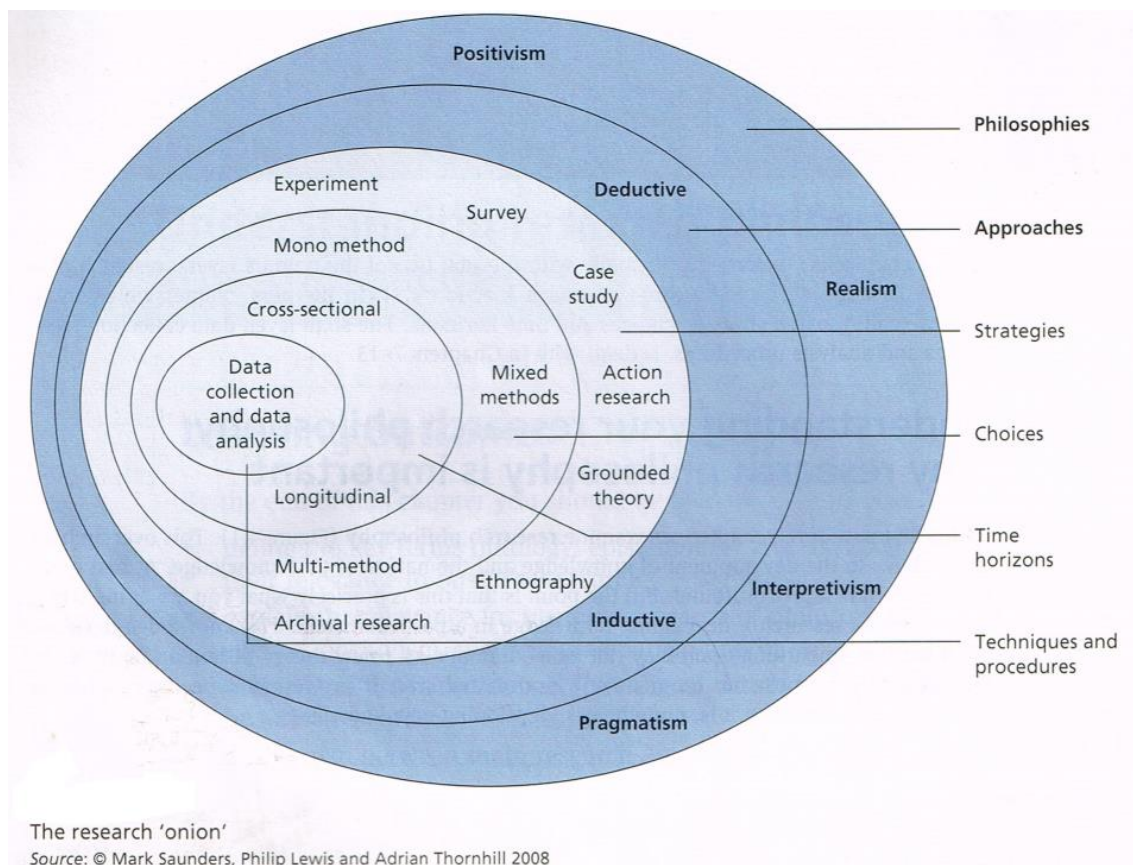
Opinnäytetyön visio osuudessa luodaan edellisissä osiossa koostetun tiedon pohjalta mahdollisia ja todennäköisiä visioita, joilla tutkimuskysymysten osoittamiin ongelmiin tulisi vastata.

Pohdinta päättää opinnäytetyön ja tiivistää työn tulokset. Arvioi tuloksia ja onnistumista, sekä esittää mahdollisia jatkotutkimusmahdollisuuksia.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä opinnäytetyössä on käytetty tiedonkeruumenetelmiä useasta eri lähteestä, minkä takia osaksi alan termistö on vielä työnkirjoitushetkellä vakiintumatonta, tästä syystä saattavat termien merkitykset vaihdella lähteen mukaan. Tutkimusmenetelmiin käytetyt termit on pyritty tarkistamaan ja selventämään ajantasaisella informaatiolla, kuten esimerkiksi Kielikellolla (Kielikello a) tai Kotimaisten kielten keskukselta (Kotus). Myös kieliopillisesti osa termeistä ja sanoista on suomen kielessä lainasanoja tai niistä muotoutuneita yleisessä puhekielessä käytettyjä vastineita kuten drone ja drooni, jotka tarkoittavat samaa mutta eivät kumpikaan taivu täydellisesti ”kansanomaiseen puhekieleen” kaikissa muodoissaan ja tilanteissa kuten Kielikello (Kielikello b) asian esittä. Joissain tapauksissa suomennetut termit ovat pitkiä ja kankeita kuten ”miehittämätön ilma-alus” joka englannin kielessäkin usein lyhennetään UAV:ksi, Unmanned Aerial Vehicle. Myös sanojen historia ja ajantasaisuus muokkaavat kielenkäyttöä jatkuvasti, kuten logistiikasta puhuttaessa on ymmärrettävää, että termiä ”drone” kannatettiin juuri sen yleisyyden vuoksi sekä siksi, ettei sillä vierassanana ole lennokki - ja kopteri -sanojen painolastia” (Kotus).

Tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmiä määriteltäessä on käytetty Saundersin et al. 2009, kehittämää menetelmää, jonka ovat nimenneet tutkimussipuliksi (kuvio 1.). Menetelmä on tähän opinnäytetyöhön sopiva paitsi tutkimusmetodinä, niin myös rakenteeltaan ja käsitteiltään, koska työn sisältöön liittyy myös analyysin ja pohdinnan lisäksi kehitys, ajan ja jatkumon, sekä vision ja strategian osiot. Menetelmässä kuvataan tutkimuksen etenemistä kerroksittain filosofiasta tiedonkeruuprosessin kautta eri teorioiden tarkasteluun ja strategiaan sekä visioihin, päättyen lopuksi dokumentointiin.



KUVIO 1. Tutkimussipuli (Saundersin et al. 2009, s. 108)

2.1. Tutkimusfilosofia, lähestymistapa ja strategia

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, millä teknologialla ja menetelmillä voidaan toteuttaa logistisia ratkaisuja Tampereen kaupunkiseudun tyyppisessä ympäristössä. Millainen muutos on odotettavissa uuden teknologian implementoitessa olemassa olevaan markkinatilanteeseen ja millä indikaattoreilla muutosta tulisi tarkastella. Lopulta tarkastellaan millainen arvomaailma määrittää tulevaa logistiikka-alan ansaintalogiikkaa ja millaisilla visioilla sekä strategialla uuden teknologian tulisi tähän muutokseen osallistua ja sitä edistää.

Tutkimuskysymyksiin etsitään vastauksia eri tiedonkeruumenetelmillä, kuten olemassa olevista tutkimuksista, kirjallisuudesta, alan seminaareista, tutkimuksen ohessa järjestettävissä yhteiskehittämispajoissa sekä haastatteluista ja dialogeista alan asiantuntijoiden kanssa.

Opinnäytetyön ote on tapaustutkimus, jossa kuvatun tapauksen ja apparatuurin mekaniikkaa kuvataan usein hypoteettisin visioin, vaikka tietopohjana aina käytetään tarkistettua faktaa. Kyseisenlaisessa visioinnissa tyypillisesti tapaukselle tärkeät seikat korostuvat ja vähempiarvoiset jäävät vähemmälle huomiolle. Tämä on välttämätöntä jo yksin siitä syystä, että vain näin toimien voidaan välttää liiallinen aiheen rönsyileminen ja kyetään pysymään asian ytimessä sekä tutkimuksen raamissa.

Opinnäytetyön tutkimuksellisissa analyysiosissa joudutaan triangulaatio-ongelmaan (Tuomi & Sarajärvi 2002, 142-143) jo näkökulman valinnassa, käsitelläänkö tutkimus toteuttajan, työn tilaajan, kuluttajan vain markkinoiden näkökulmasta? Lopulta huomioiden, että työn käsitellessä myös strategisia ratkaisuja on otteen oltava objektiivinen ja kyettävä hahmottamaan markkina-areena kokonaisuutena ja kyseiset näkökulmat on hylättävä.

Aineiston suhteen käsiteltäessä sekä kvalitatiivista- että kvantitatiivista-aineistoa on haasteita, joita ei voida välttää tämän opinnäytetyön aiheen ja tapauksen käsittelyssä. Yleisesti kyseistä menetelmää ei suositella opinnäytetyön tekemiseen työläytensä vuoksi (Jokinen & Juhila 2002, 109-118), mutta kyseessä ollessa YAMK -opinnäytetyö, voidaan työtä rikastuttaa syventämällä ja laajentamalla tutkimuskohteesta saatavaa tietoa. Tällöin vaarana on kuitenkin, että aineistotriangulaatio joka voi johtaa "käsitteellisiin sekaannuksiin, ristiriitojen hyväksymiseen ja teoriattomaan tietoamiseen" (Eskola & Suoranta 1998, 71). Harkiten käytettäessä triangulaation avulla voidaankin lisätä tutkimuksen moninäkökulmaisuutta ja luotettavuutta (Tuni a).

Opinnäytetyön ollessa ammattikorkeakoulun opinnäytetyö ja tarkoituksena kehittää teknologisia ratkaisuja ja menetelmiä, sekä aineiston liittyen suurelta osin olemassa olevaan tilanteeseen on luonnollista, että työhön on valittu pragmatismen tieteenfilosofinen suuntaus.

Lähestymistapa on tutkimuksessa hienoisesti induktiivinen koska tarkoituksena on luoda visio uuden teknologian implementoinnista markkinoille. Koska kuitenkin tutkimuksessa on laajasti käytettävissä aineistoa, joka on koottu aiemmasta ja vallitsevasti käytössä olevasta perinteisen logistiikan areenalta,

joka on deduktiivista aineistoa. Voidaan lopulta kuvailla lähestymistavan olevan ennen kaikkea abduktiininen, joka on edellisten muotojen yhdistelmä (Saundersin et al. 2009, s. 124-126).

2.2. Tiedonkeruu- ja analysointimenetelmät

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi Tampereen ammattikoulu ja pohjana Euroopan unionin aluekehitysrahaston ja Uudenmaan liiton rahoittama Citylogistiikan uudet ratkaisut -hanke, jonka kolmen kaupungin Helsingin, Tampereen ja Turun osahankkeista. Tämä opinnäytetyö tilattiin osaksi Tampereen droonilogistiikkaa. Opinnäytetyön aineiston kokoaminen alkoi perehtymällä tutkimuksen pohjalla olevan Citylogistiikka hankkeen materiaaliin sekä keskustelemalla hankkeen toimijoiden kanssa. Osallistamalla alan kansainväliseen asiantuntijaseminaariin Nordic Drone Event 2020:een. Perehtymällä alan kirjallisuuteen ja alan pioneeritoimijoiden haastatteluihin sekä järjestämällä kaksi yhteiskehittämispajaa Tampereen ammattikorkeakoulussa. Aineiston pohjalta on luotu kuva olemassa olevasta logistisesta toimintaympäristöstä, teknologian tilasta ja kehitysnäkymistä sekä alan toimijoiden näkemyksistä mihin suuntaan tulevaisuudessa logististen ratkaisujen ja -toimintaympäristön odotetaan kehittyvän.

Aineiston pohjatietona käytettyä markkina- ja logistiikkaselvitysten materiaali, suurelta osin sekä tekniset dokumentit että suoritus- ja kulutusmittaukset ovat pääosin kvantitatiivista tietoa. Haastattelut, seminaarit ja yhteiskehittämispajojen materiaali ovat vuorostaan pääosin kvalitatiivista tietoa.

Aineiston analysointi on tapahtunut käytännön sanelemana kahdessa tasossa pyrkien kuitenkin noudattamaan Saundersin et al. (2009, s.490-) esittelemää mallia aineiston tiivistämisestä, kategorisoimisesta ja luokittelemisesta omiin muistioihinsa jo tiedon hankinta vaiheessa. Tämän lisäksi aineistoa on jouduttu analysoimaan jo opinnäytetyön rinnalla, suoritettaessa yhteiskehittämispajoja ja niiden aineiston ja ohjelman kokoamiseksi konstruktiiiviseen andragogiikan mallin mukaiseen muotoon, jotta pajan toiminta olisi luontevaa ja kaikki osallistuvat henkilöt, tasosta tai pohjatiedoista riippumatta, tuntisivat saavansa yhteiskehittämispajasta mahdollisimman paljon ja voisivat antaa vuorostaan

enemmän omasta tiedostaan muille jaettavaksi. Yhteiskehittämispajojen anti onkin ollut osa opinnäytetyön aineistosta, pajojen tuntisuunnitelmaan on sisällytetty tavoitteita, jotka ohjaavat aiheiden käsittelyä suuntaan, jossa tietoisesti ollaan hakemassa vastauksia opinnäytetyön alussa asettamiin tutkimuskysymyksiin ja on herätetty keskustelua sekä ohjattu ryhmätöitä puolistrukturoiduksi (Tuni b) kuvatun teemahaastattelumallin mukaisesti, jota vuorostaan käsitellään tutkimuksen loppuosassa strategia, visio ja pohdinta otsikoiden alla.

Tuntisuunnitelmalla yhteiskehittämispajoille ja niissä käytetyissä keinoilla on tavoitteena saada tuloksia otsikon 1.2 Tavoite esiteltyihin tutkimuskysymyksiin. Ensimmäisen yhteiskehittämispajan 3.3.2020 teemaan on sisällytetty ryhmätöinä tehtäviä, jotka pyrkivät käsittelemään ja etsimään vastauksia kysymyksiin:

1. Millainen on Tampereen-seudun logistinen ilmaitse toimiva toimintaympäristö?

4. Mitkä muutostekijät vaikuttavat tulevien ilmaitse toimivan logistiikan indikaattoreihin?

Pajassa avattiin aihetta ja herätettiin kiinnostusta myös kysymystä 3. kohtaan "Millainen visio on tulevaisuuden droneilla toteutettavan logistiikan suoritustapa?" joka johdatteli aihetta seuraavaan 14.4.2020 pidettyyn yhteiskehittämispajaan.

3.3.2020 pajassa aloitettiin kertomalla opinnäytetyöstä sekä siitä mitä tiedämme ensimmäisen päivän aiheesta ilmaliikenteen ja päästövaatimusten kehittymisestä tulevaisuudessa, lisäksi herätettiin kysymys, kuinka tätä käsiteltäisiin tulevaisuuden logistiikan ratkaisuisissa? Menetelmäksi oli valittu tulevaisuusajana tunnettu ongelmanratkaisumenetelmä.

Pajassa tehtiin kahdessa ryhmässä myös SWOT -kysely (Hill et al.1997 s. 46-52) joka kiteytti ensimmäisen yhteiskehittämispajan päivän tulokset ja antoi lähtötilan seuraavaan 14.4.2020 järjestettyyn yhteiskehittämispajaan, jossa käsiteltiin kysymyksiä:

3. Millainen visio on tulevaisuuden droneilla toteutettavan logistiikan suoritustapa?

5. Mikä vaikutus on tunnistetuilla muutostekijöillä ilmaitse toimivan logistiikan taloudelliseen kokonaiskannattavuuteen?

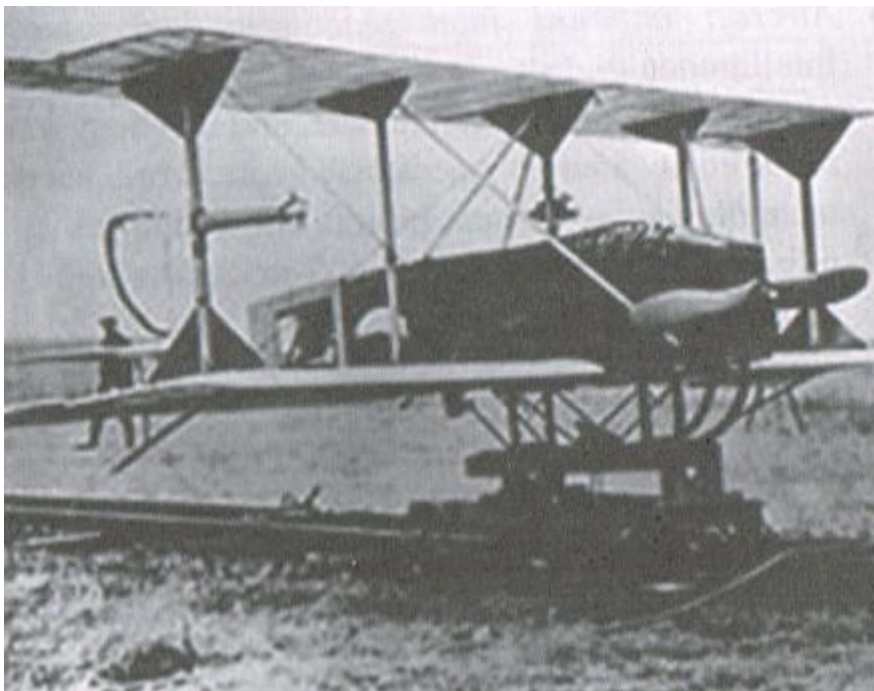
Toisen yhteiskehittämispajan päätteeksi esitettiin vaihtoehtoinen, opinnäytetyön sen aikaisesta aineistosta koottu ja analysoitu näkemys visiolle ja strategialle, joita voitaisiin mahdollisesti hyödyntää drone logistiikan toteutuksessa tulevaisuudessa. Tilanne on periaatteessa samanlainen kuin reflektio (Tuni c) opinnäytetyön loppuanalyysin laadunparantamiseksi yhteiskehittämispajan osallistujia pilotointiryhmänä (Perälä 2011, s.6-7), jossa yhteiskehittämispajan osallistajat vertaisarvioivat (OAMK) opinnäytetyön analyysia ja josta on myös mahdollista kerätä kysely aineistoa lopulliseen työn pohdintaosioon.

3 TEKNIikka

3.1. Miehitämätön ilma-alus eli drone

Miehitämättömiä ilma-aluksia kutsutaan englanninkielisessä puhekielessä yleisesti drooneiksi ja sana "drone" on yleistynyt ympäri maailman kuvaamaan miehitämätöntä laitetta niin lentäviä kuin sukeltavia sekä maalla eteneviä, riippuen siitä mistä kontekstista kyseisellä hetkellä ollaan keskustelemassa. On tunnettua, että jo 1800-luvun sodissa on käytetty kuumailmapalloja kuljettamaan räjähdelaasti ym. vahingollista materiaalia vihollisten linjojen taakse. Tähän toimintaan liittyi kuitenkin huomattava riski, nimittäin ilmasto-olosuhteet ja tuulensuunta. Joten

varsinaisesti ensimmäinen miehitämätön ilma-alus (UAV) on ollut amerikkalaisten Lawrencen ja Sperryn 1916 valmistama laite (kuva 1), jonka rungon vakauttamiseksi oli käytetty gyroskooppia asennonhallintaan ja he lensivät sillä todistetusti 30 mailia (Nonami et. al. 2010, S. 7-8). Ehkä on yllättävää, kuinka vähän ensimmäisessä- ja toisessa maailmansodassa käytettiin miehitämättömiä ilma-aluksia, mutta varsinaisen täysimittaisen sotakaluston kehitys ja käyttö tapahtuivat Vietnamin sodan aikaan 1970-luvulla Amerikkalaisten Firebee UAV:n myötä (kuva 2).



KUVA 1. Lawrencen ja Sperryn 1916 valmistama, maailman ensimmäinen UAV (Nonami et.al. 2010. Autonomous Flying Robots, s. 8)



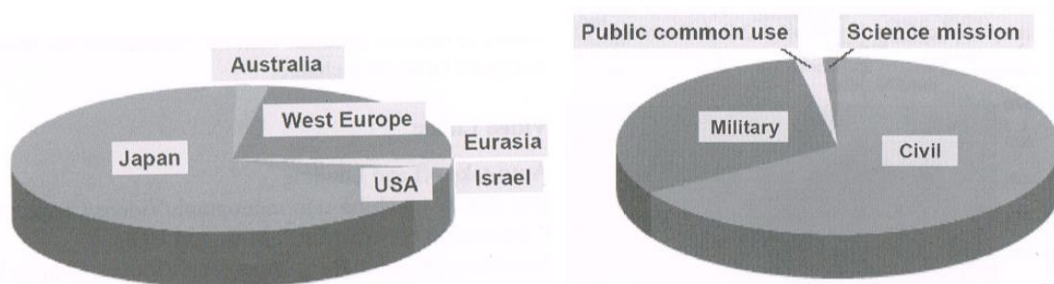
KUVA 2. Yhdysvaltojen armeijan 1960- ja 1970-luvuilla käyttämä Firebee UAV (Nonami et.al. 2010. Autonomous Flying Robots, s. 8)

Alun perin droneja nimitettiin Remote piloted vehicle (RPV):ksi. Ilmaantuessa samoja ongelmia kuin drone -nimityksellä, eli RPV:itä rupesi liikkumaan maalla ja vesissä, asia ratkaistiin ”sotilaallisesti” ottamalla käyttöön uusia lyhenteitä kuten Unmanned Air Vehicle (UMA). Myöhemmin tarkempi ja kuvaavampi , vaikka pidemmin ilmaistu, yleisesti käytetty nimitys miehittämättömille lennokeille on Unmanned (tai uninhabited) Aerial Vehicle (UAV). Suomessa on pidetty UAV -nimitystä vanhentuneena sekä aikansa eläneenä ja on siirrytty käyttämään lyhennystä UA eli englanniksi Unmanned Aircraft miehittämätön ilma-alus, joka on tarkoitettu lentämään ilman ilma-aluksessa mukana olevaa ohjaajaa. UA on termi, jota Suomen Liikenne- ja viestintävirasto Traficom käyttää puhuttaessa drooneista. On huomattavaa, että lennokka ei ole UA, mutta puhekielessä drooni se on. Lennokki on Traficomin

määräyksellä OPS M1-32:n mukaan ”lentämään tarkoitettu laite, jonka mukana ei ole ohjaajaa ja jota käytetään harraste- tai urheilutarkoitukseen”.

Varsinkin sotilassanastosta erittely on viety pidemmälle, jaotellen miehittämättömät lentävät laitteet vielä käyttäjänsä, käyttötarkoituksen ja käyttötarkoituksen teknologian mukaan. Kuten Uninhabited Naval Strike Aircraft (UNSA) tai Uninhabited Surveillance Drone (USD) jota Pohjois-Atlantin liitto (NATO) käyttää ja joka vuorostaan on helppo lyhenteenä sekoittaa Yhdysvaltain dollariin, täten väitän, että puhuttaessa dronesta, josta myös tässä tapauksessa lyhenne tulee, on asia usein selvempi.

Lentokaluston ylläpitämiseen ja käyttöön sitoutetut resurssit ja järjestelmät on nimetty samoin Unmanned Aircraft Systems (UAS). Suomessa samaa tarkoitusta kuvaa mm. RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) joka on kauko-ohjatun ilma-aluksen käytön kokonaisjärjestelmä, johon sisältyy kauko-ohjattu ilma-alus, sen kauko-ohjauspaikat, tarvittavat ohjaus- ja seurantayhteydet ja muut erikseen määrätyt käytön edellyttämät järjestelmän osat. RPAS on myös lupa, jota voidaan hakea Traficomilta lentotyön tekemiseen (Tarkemmin luvussa Säännöt ja lait, s. 66). Viranomaismateriaaleissa ilmenee myös lyhenne RPS joka tarkoittaa kauko-ohjauspaikkaa (Remote Pilot Station).



KUVIOT 2 ja 3. UAV markkinoiden jakautuminen maantieteellisesti ja toimialuekeskeisesti vuonna 2002. (Nonami et.al. 2010)

Drone lennokeilla on jo pitkä historia sotakalustona ja lisääntyvässä määrin tänä päivänä myös siviilitehtävissä. Yhdysvalloissa on pitkäperinne kiinteäsiipisten ja sotilas dronien kehittämisessä ja tuottamisessa, mutta pyöriväsiipisten helikopteri ja siviili dronien keksiminen ja markkinoille tulo ovat japanilaisten toteuttamaa ja Japani on suurelta osin myös markkinoiden hallitseva suurvalta (kuviot 2 ja

3). Japanissa Yamaha aloitti pyöriväsiipisten dronien kehittämisen 1983, käyttämällä moottoripyörän moottoreita, tarkoituksena rakentaa maanviljelyn ruiskutuksissa käytettävää dronea. Vuonna 2002 Japanin 1.687:stä rekisteröidystä maatalouden ilmaa suorittavasta toimijasta 1.281 (76%) lensi Yamahoilla (taulukko x). Tiedetään että Japanissa on yli 8.000 henkilöä, joilla on lupa käyttää kyseisen luokan miehittämätöntä helikopteria, joten markkinoilla toimii runsaasti myös muita kuin rekisteröityjä droneja, sekä niillä lentäjiä. Yamaha RMAX (kuva 3) on kokonaispainoltaan noin 90 kg, hyötykuormaa se kykenee kuljettamaan noin 30 kg ja lentoaika on 90 minuuttia. Japanilainen Fuji Heavy Industries kehittänyt täysin autonomisen RPH2 helikopterin (kuva 4), jota voidaan käyttää ruiskutuslentojen lisäksi useissa muissakin drone tehtävissä kuten vulkaanisten alueiden valvonnassa ja tiedeoperaatioissa napavyöhykkeillä pohjoisessa ja etelässä laskettaessa jäälauttoja, merijään sulamista, kasvillisuutta ja eläimiä kuten pingviinejä ja hylkeitä. RPH2 pystyy kuljettamaan 100 kg:n hyötykuorman ollen kokonaismassaltaan noin 300 kg. RPH2 kykenee operoimaan itsenäisesti esimerkiksi ruiskutuksissa lentäen 5 metrin (+/- 1) korkeudella, ruiskuttaen 10 metrin leveydellä ja lentäen 8 m/s nopeudella. Toiminta-ajasta ei saatu tietoja, mutta se on suhteellista minkä osan hyötykuormasta tankataan kemikaaleja ja minkä osan polttoainetta. Lisäksi japanilaiset valmistajat kuten DJI ovat oman kokoluokkansa markkinajohtajia sarjassaan alle 10 kg:n kokonaispainoisissa siviili droneissa.

Droneja käytetään paljon myös mittaus- ja kartoitustehtävissä, infrastruktuurin tarkastus- ja valvontatehtävissä, uutis- ja viihdekuvaamisessa, etsintä- ja seurantatehtävissä, eläinten- ja ilmiöiden laskentatehtävissä. Droneja käytetään katastrofien ja tapahtumien seurantaan sekä hallintaan, että ohjaamiseen, ilmaston ja vesistöjen laadun seurantaan näyttöön oton ja ennustamiseen tarvittavin analysoinnein. Droneista ovat hyötäneet myös geologit ja arkeologit, jotka saavat informaatiota vaikeakulkuisesta maastosta ilman fyysistä puuttumista ympäristöön esimerkiksi stereogrammetria ja LIDAR menetelmin (The Geological Society of America). On ilmeistä ja odotettavaa, että tämä kehitys tulee etenemään lisääntyvissä määrin myös logistiikan osa-alueella.



KUVA 3. Yamaha RMAX (Nonami et.al. 2010)



KUVA 4. Fuji Heavy Industries RPH2 (Nonami et.al. 2010)

Droneja tai UAV:tä on usean kokoisia alkaen Lockheed-Martinin/DARPA:n "Maple-Seed":stä (Austin, 2010, s.70) joka painaa alle 10 g sisältäen 2 g:n

hyötykuorman, joka on kamera. Näitä alle 5 cm ja 10 g:n droneja nimitetään Nano Air Vehicles (NAV):eiksi. Hieman suurempia Micro Air Vehicle (MAV):a jotka ovat alle 150 mm (6 inc.) droneja, käytetään yleensä suljetuissa ja sisätiloissa esimerkiksi tarkastustehtävissä. Mittojen kasvaessa UAV:n (Unmanned/Uninhabited) kokoluokkaan, sotilastermein ja tarkkuudella puhutaan laitteista, joissa voisi olla ihminen, mutta sitä ei tarvita. Tämä on yksi syy, jonka mukaan suositaan drone termiä sen puhekielen yleisyyden vuoksi, vaikka Austin (2010, s.3) määrittelee eron miehittämättömille lentokoneille (UAV), että niitä ei pidä sekoittaa pienoismalleihin tai 'droneihin', kuten tiedotusvälineet usein tekevät. Radio-ohjattavaa pienoismallia käytetään vain urheiluun, ja sen on oltava käyttäjän näkemässä koko lennätyksensä ajan. Dronen ja UAV:n eroja Austin on perustellut mainitsemalla myös älykkyyden ja itseohjautuvuuden puutteen droneissa, sekä datansiirto-ominaisuuksien vajavuudella verraten UAV -laitteisiin, joka ei enää tänä päivänä pidä paikkaansa. Nykyään kaupalliset siviilidronetkin osaavat itse navigoida ja väistää esteitä, arvioida energian kulutusta ja kalkyloid a kulkuaan paluun turvatakseen, sekä lisääntyneet mahdollisuudet konnektiikkaan verkon kautta mahdollistaen tietoisuuden toisiin koneisiin ja laitteisiin sekä kommunikoinnin ympäristönsä kanssa ilman ohjaajan valvontaa.

Drone tekniikan kehitys on pitkään keskittynyt sotilastarkoitusten luomien tavoitteiden ja termien ympärille, vaikka viime aikoina teknologia on löytänyt lisääntyvässä määrin hyötykäyttöä myös siviilipuolella etsintä-, kuvantamis- ja valvonta- käytössä. On vain ajan kysymys koska ollaan valmiita hyödyntämään koeteltua teknologiaa myös siviililogistiikan toteutuksiin rohkeammin. Esteenä tälle on pitkään vallinnut sääntely ja kontrollin tarve, jotka todellakin tulevat edelleen estämään tavalla tai toisella vapaan ilmailun esiinmarssia. Nousee esille kysymyksiä turvallisuus näkökohdista, yksilön vapauden ja yksityisyyden arvoista, kustannuksista ja taloudellisuudesta, sekä laillisuudesta ja oikeudesta suorittaa yksityistä lentotoimintaa, jonka toistaiseksi jokaisen valtion oma lainsäädäntö määrittää. Viime vuosien aikana drone -laitteiden vapaa markkinointi on jo muuttanut yksityishenkilöiden kokemaa vapautta esimerkiksi havainnoida ja kuvata ympäristöään omalla dronella tavoin, jota ei lainsäädäntö ole osannut riittävässä määrin ennakoita. Tämä tulee johtamaan siihen, että takautuvien lakien ja rajoitteiden läpisaaminen varsinkaan kansainvälisesti on

haastavampaa, riistämättä yksityishenkilöiden jo kokemaa itsemääräämisen oikeutta. Markkinat ovat jo luoneet oman de facto -käytännön, jota on vaikea syntymisensä jälkeen rajoittaa.

Dronet eivät ole syrjäyttämässä vanhaa teknologiaa vaan tarjoamassa useimmiten uutta ja kevyempää ratkaisua vaihtoehdoksi perinteisten ratkaisujen rinnalle. Itse asiassa teknologia on mitä suuremmassa määrin samaa kuin aikaisemminkin, useimmiten kuitenkin eri mittakaavassa ja uudelleen ratkaistuna olemassa olevin mahdollisuuksin. Fysiikan lait ja matemaattiset mallit pätevät ja ovat samat kuin lentämisen historian pioneereilla.

Dronet aiheuttavat vähemmän häiriötä ympäristössään, johtuen pienemmästä koosta sekä energiantarpeesta ja kulutuksesta, joka ilmenee pienempänä meluisuutena verrattuna samaa tehtävää suorittavaan miehitettyyn lentokoneeseen, jotka suorittavat esimerkiksi kuvantamista. Häiriöistä reklamoivat usein ihmiset, jotka asuvat voimalinjojen ja muiden lentotarkastuskohteiden läheisyydessä, lisäksi myös häiriökäyttäytymistä on raportoitu maatalous- ja villieläimillä, jotka havaitsevat miehitettyjen lentokalustojen läsnäolon herkemmin kuin dronetoiminnan esimerkiksi kartoitus ja riistanseuranta tehtäviä suoritettaessa.

Tekniikan kehitys on luonut mahdollisuuden toteuttaa tehtäviä kevyemmällä ja tarkoitukseen paremmin soveltuvalla kalustolla. Uudet lähestymistavat teknisiin ratkaisuihin ja näkökulma hyötyjen saavuttamisesta on muuttanut ja tulee enenevässä määrin muuttamaan käsitystä tarpeiden tyydyttämisestä. Yksi esimerkki tekniikan ja mittasuhteiden luomasta kilpailuedusta vanhaan tekniikkaan nähden on pienempi massa, joka vuorostaan korreloi kaikkiin ilmiöihin, joissa toteutuu kiihtyvyys, tällä vuorostaan on vaikutuksia rakenteiden jäykkyyteen ja kestävyys sekä valmistustekniikan ja materiaalien valintaan, kulutukseen, aina käytöstä poistamiseen asti ja täten kestävään tuotantoon ja -kehitykseen. On oikeastaan vaikea tyhjäksi kirjoittaa kaikkia vaikutuksia, jotka seuraavat jo pelkästään painon skaalautuvuudesta alemmaksi. Taustalla vaikuttavat kuitenkin samat fysiikan lainalaisuudet. Vanhan ja uuden teknologian erot ovat kuitenkin helpoimmin havaittavissa, kun pidämme lähtökohtana, että näitä arvioidaan keskenään samoin tosiasioin.

Toistaiseksi on väistämätöntä, että arvottamista ja vertailua tehdessä vaakakupissa painaa raskaimpana taloudelliset tekijät. Vaikuttaa että taloudelliset syyt ovat tietyin rajauksin droneteknologian eduksi ottaen huomioon työvoimakustannukset. Kaikki edellä mainitut korreloivat mittasuhteita muutettaessa, mutta suurin muutos on odotettavissa ihmisten suhtautumisen muutoksella arvoihin, jotka kuvastavat enenevässä määrin hyveitä. On ollut lisääntyvä trendi ekologisuuden ja ympäristöarvojen huomioimisessa, sekä kestävän toiminnan esiin nostamisessa, nyt myös ilmailussa, jossa päästöt ja kustannustehokkuus ovat voineet nauttia miltei tabun asemaa. On erittäin epätodennäköistä ihmisten suhtautumisen ja arvojen pohjalta, että enää nähtäisiin ylääänilentoja muualla kuin sotilaskäytössä, viimeinen lento Air Francen Concordeilla tehtiin 31. toukokuuta 2003 ja British Airwaysillä vastaavasti 24. lokakuuta 2003. Ruotsissa puhutaan flygskam -ilmiöstä (lentohäpeä) joka myös kuvastaa suhtautumista uusiin arvoihin (DiVA a).

Mittakaavaeron lisäksi merkittävin ero perinteiseen lentoteknologiaan droneissa on miehittämättömyys. Tämän seurauksena on saavutettavissa useita etuja, kun kiihtyvyyksien ja suorituskyvyn rajoittaminen ei rajoitu ihmisen fyysisiin, psyykkisiin ja kognitiivisiin rajoitteisiin, jolloin dronella voidaan käytännössä operoida suuremmilla G-arvoilla kuin mihin ihminen kykenisi.

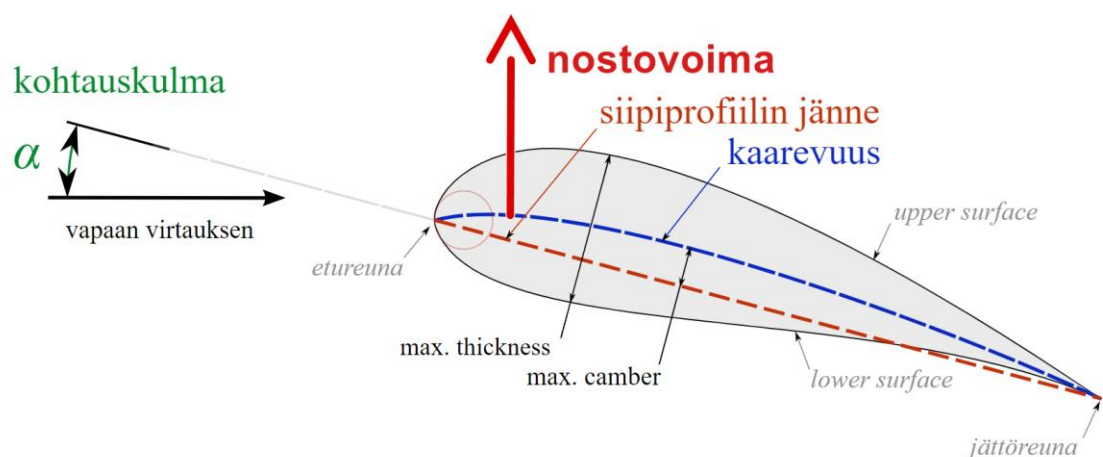
Eräs merkittävä erottelu on laitteiden lento-ominaisuuksien mukaan tehtävä nousutapahtuman nosteen aikaansaaminen, tapahtuuko lentoonlähtö vaakakiihdytyksen eng. Horizontal take-off and landing (HTOL) vai pystysuoraan eng. Vertical take-off and landing (VTOL). Tämän jaottelun seurauksena tai syystä laitteet on usein jaoteltu siivellisiin (kuten lentokoneet) ja pyöriväsiipisiin (kuten kopterit) laitteisiin.

Toistaiseksi (heinäkuuhun 2020 asti) on vielä eritelty laite, joka on lennokki. Lennokki on lentämään tarkoitettu laite, jota käytetään harraste- tai urheilutarkoitukseen. Selvennykseksi, kauko-ohjattu ilma-alus on tarkoitettu lentämään ilman aluksessa mukana olevaa ohjaajaa ja voidaan käyttää lentotyöhön. Lentotyöksi katsotaan mikä tahansa muu kuin harraste ja urheilu käyttö. Lennokin lennättäminenkin on kuitenkin ilmailua. Lennokkeihin

sovelletaan esimerkiksi ilmailulain 864/2014,159 §:ä, jonka mukaisesti lentoliikenteelle vaaraa aiheuttava toiminta tai lentoliikenteen sujuvuutta häiritsevä toiminta on kielletty. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että lennokin lennättäjän on syytä pysyä laitteinensa kaukana ilma-aluksista. Myös harraste- ja urheilutarkoituksiin käytettävässä lennokissakin voi olla esimerkiksi kamera, lennokissa sijaitsevaa kameraa koskee samat yksityisyyden määräykset kuin muitakin kameroita ilman lentotoimintaa. Vaikka kyse ei olekaan ammattimaisesta kuvaustoiminnasta on silti syytä muistaa, että tätäkin toimintaa koskee kaikki se mitä on säädetty kotirauhasta, yksityisyydensuojasta, tekijänoikeuksista, yleisestä vaaranaiheuttamisesta jne.

3.1.1 Lentotekniikka

Kaikki erilaiset lentolaitteet perustuvat käytännössä aerodynamiikkaan ja siipirakenteen antamiin erilaisiin voimiin riippuen ilmavirran suunnasta, nopeudesta ja kohtauskulmasta. On esitetty uusia ja mullistavia ratkaisuja kuten propulsioon ja maglev -tekniikkaan perustuvia ratkaisuja, mutta nämä ovat pääasiassa olleet kokeellisia tai erittäin äärimmäisten korkeuksien omaavia ratkaisuja kuten luotijuna tai avaruusraketti. Siiven aerodynamiikan tavoitteena on nostovoiman, suunnan ja nopeuden hallitseminen erilaisin energiamuodoin vaikuttamalla ilman ja siiven väliseen nopeuteen ja kohtauskulmaan (kuvio 4).

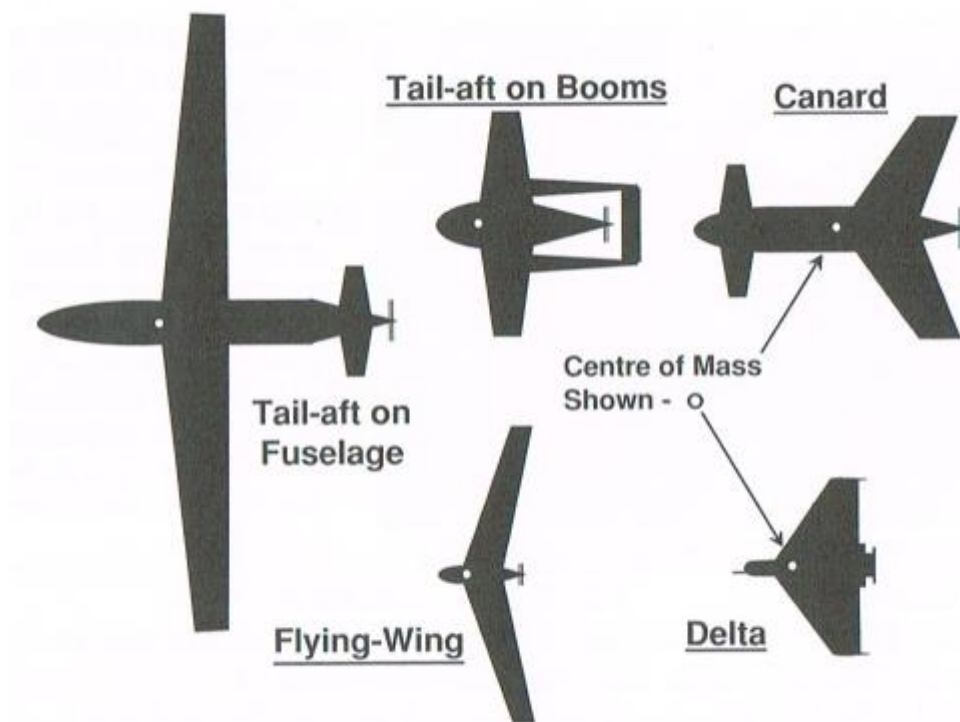


KUVIO 4. Siiven profiili, kohtauskulma ja nostovoima.

Aerodynaaminen jaottelu

Luokiteltaessa dronit aerodynaamisten ominaisuuksien mukaan jakautuvat ne karkeasti neljään luokkaan:

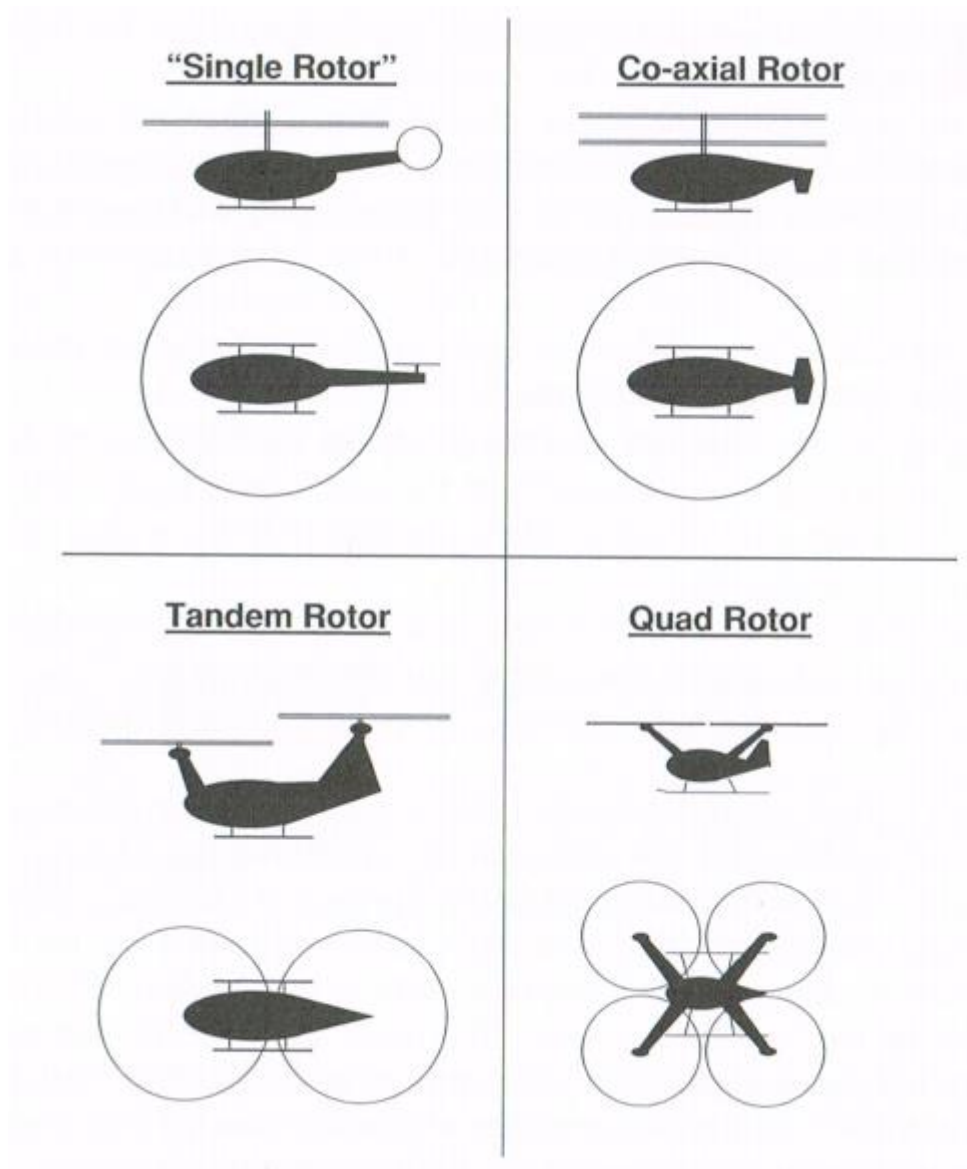
- **kiinteäsiipiset** muistuttavat lentokonetta, jonka siivet ovat kiinteät ja energia tuotetaan jollain moottorilla. Lentoonlähtö ja laskeutuminen (jollei käytetä laskuvarjoa) vaatii nostovoiman saavuttamiseksi kiitotien tai katapultin HTOL -menetelmän mukaisesti. Kiinteä siipi mahdollistaa ”kantavuutensa” mahdollistamana pitemmän lentomatkan ja nopeuden, koska mukana kuljetettavasta energiasta suurin osa ei kulu nostovoiman vaan etenemisen toteuttamiseen (kuvio 5).



KUVIO 5. Kiinteäsiipisten malleja (Austin 2010)

- **pyöriväsiipiset** muistuttavat helikopteria, jonka nostovoiman saavuttamiseksi roottorien- ”siivet” liikkuvat ilmaan nähden moottorivoimalla. Roottoreita voi olla yksi tai useampia ja niiden kallistuksella kulkusuuntaan ja ilmanvirtaukseen nähden hallitaan nopeutta ja suuntaa. Pyöriväsiipiset laitteet eivät tarvitse kiitorataa vaan kykenevät nousemaan pystysuoraan roottoreidensa voimalla. Useampi roottori, tarkempi ohjaustuntuma ja säädettävämpi voimanhallinta

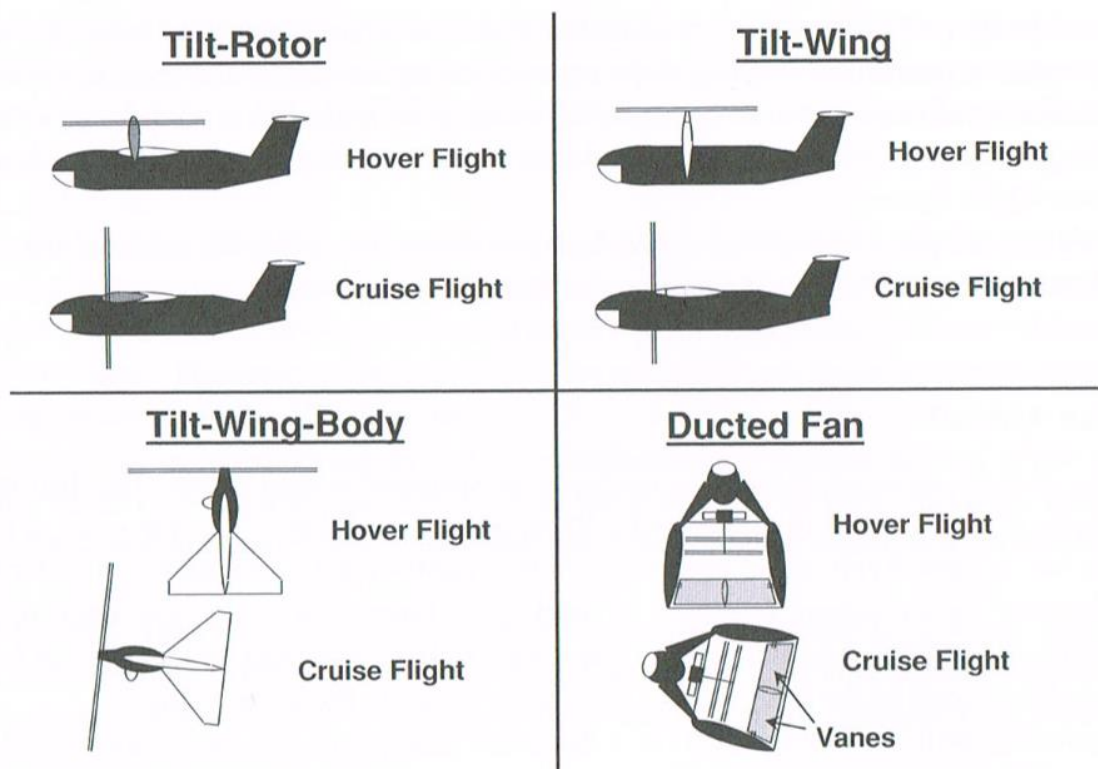
mahdollistavat leijunnan ilman etenemistä VTOL menetelmällä. Usein tarvittaessa suurempaa nostovoimaa ilman tarvittavaa pitkää etenemistä, saavutetaan tehokkaampi nostovoima ja hyötykuorma useamman roottorin myötä (kuvio 6). Jos kiinteäsiipisten dronien kehityksen kärkirintamassa ovat olleet yhdysvaltalaiset vähintään puolisoitilaalliset toimijat, niin kopteri dronien keksijöitä ja kehittämisessä päävastuun kantaneita ovat japanilaiset siviili-ilmailun pioneirit.



KUVIO 6. Pyöriväsiipisten malleja (Austin 2010)

- **lepattavasiipiset** muistuttavat hyönteisiä tai lintuja, jotka tuottavat nostovoiman ja etenemisen siipien edestakaisella, ei pyörivällä liikkeellä. Usein lepattava siipiset ovat mikro- tai nano- kokoluokan drooneja (MAV/NAV).

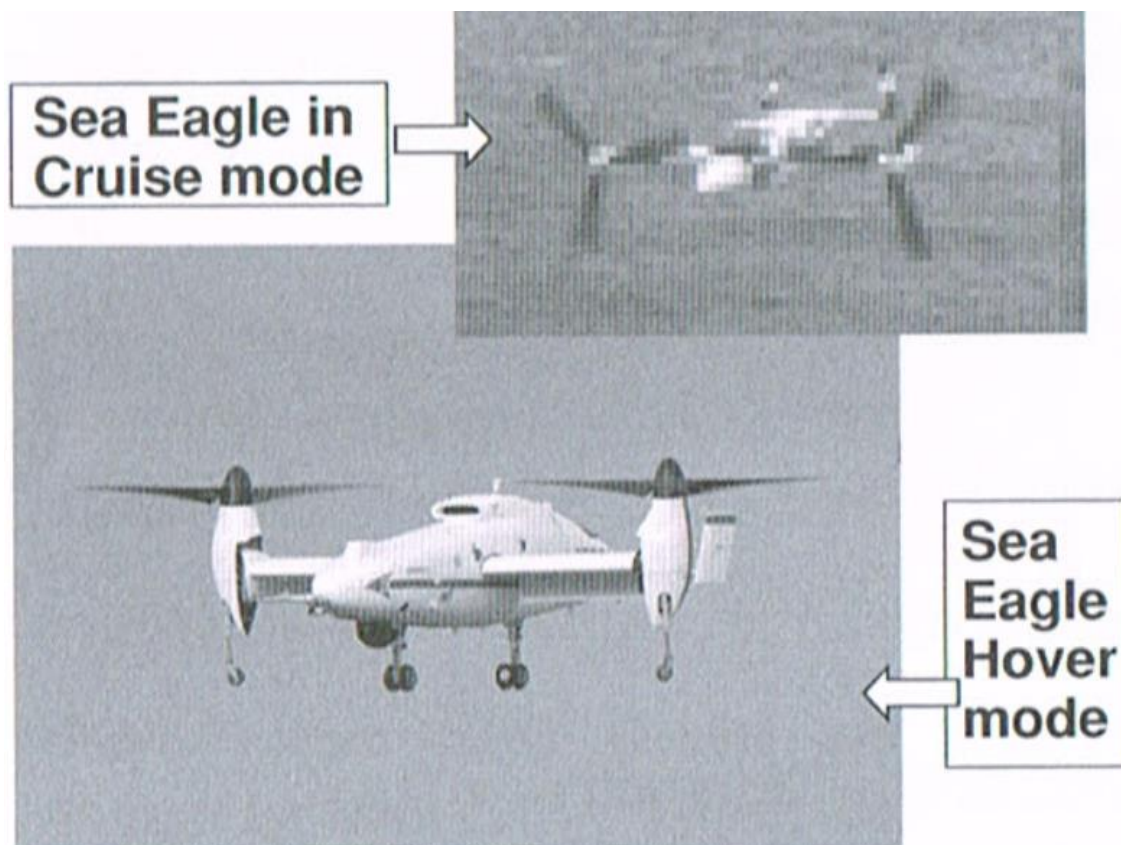
- **ilmapallot ja ilmalaivat**, jotka eivät käytä nostovoiman tuottamiseen siipeä vaan kaasujen tiheyseroa. Etenemiseen ja suunnan hallintaan nämäkin useimmiten käyttävät potkurivoimaa, vaikka niidenkin valintaan on mahdollista tukeutua eri korkeuksissa tapahtuviin ilmavirtoihin. Näitä vaihtoehtoja on vähemmän käytössä nykyisessä hektisessä yhteiskunnassa.
- on olemassa myös erilaisia **hybridi tai muuttuvaroolisia** ilma-aluksia, jotka esimerkiksi nousu- ja laskutapahtumassa toimivat kuten helikopterit tai VTOL-laitteet ja siirtyessään etenemään matkalentoa kallistavat roottorinsa tai runkonsa ja voimalähteensä siivellisen lennon HTOL-tyyppiseen asentoon (kuvio 7). Näin saavutetaan molempien rakenteiden parhaita etuja kuten Lentola Oy:n Tilt-Wing-Body Model 5 (kuva 5) jonka siipien kärkiväli on 2 m, oma paino (akuston kanssa) on 12,5 kg + 4 kg:n hyötykuorma. Lentolan Model 5 kykenee hyötykuorman kanssa n. 40 km lentomatkaan (70-80 km/h) ja 160 km/h huippunopeuteen, Co2-päästöjä Model 5 tuottaa vain 4 g/km. Bell:n Sea Eagle UAV edustaa Tilt-Rotor hybridiä (kuva 6)



KUVIO 7. Hybridi ja muuttuvaroolisten malleja (Austin 2010)



KUVA 5. Lentola Oy:n Malli 5 ja rahtilaari. (Lentola Oy)



KUVA 6. Bell Aerosystems:n Sea Eagle (Austin 2010)

Jaottelu käyttökorkeuden

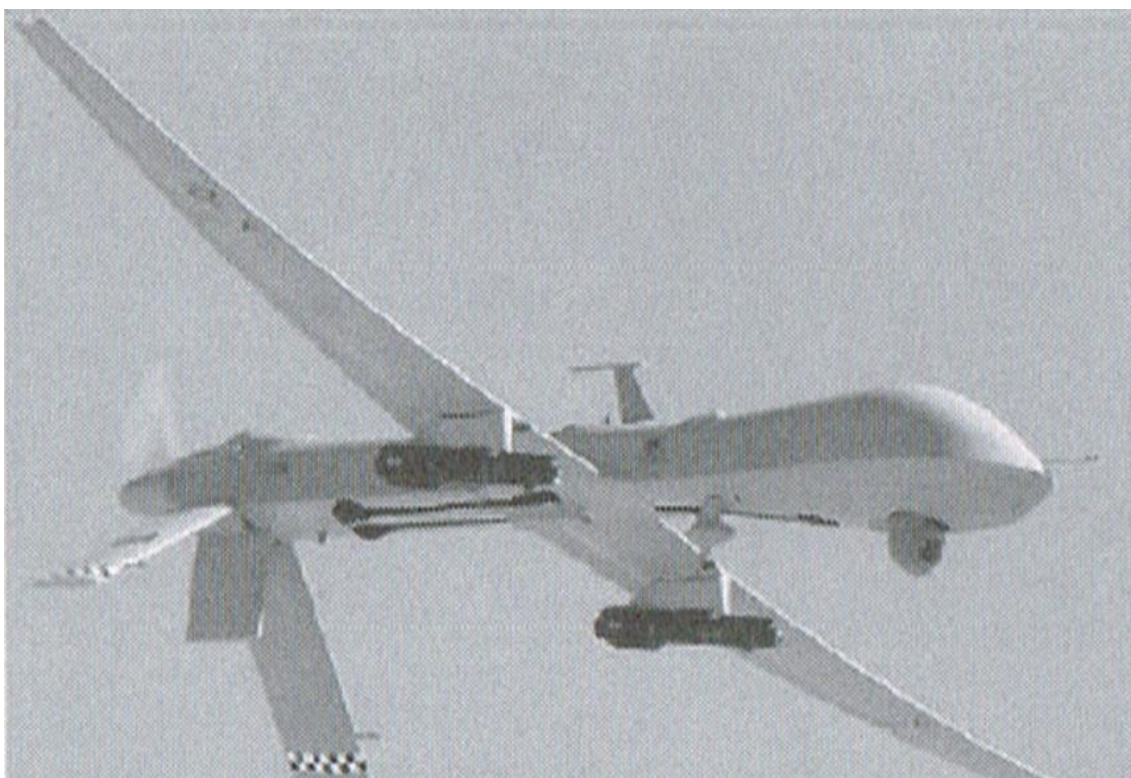
On myös jaottelu käyttökorkeuden mukaan, jolloin UAV -laitteet luokitellaan lentokorkeuden ja matkan perusteella:

- korkealla lentävät HALE (High Altitude Long Endurance) UAV:t jotka ovat pääasiassa sotilas ja tiedustelu kalustoa. Nämä kykenevät lentämään korkealla ja hyödyntämään kevyemmän ilmatilan kustannustehokkaasti ja taloudellisesti sinne päästyään. Esimerkiksi Northrop-Grumman Ryanin Global Hawks (kuva 7), joka kykenee 19 800 metrin lentokorkeuteen ja 35 tunnin lentoaikaan 1 360 kilogramman hyötykuormalla.
- keskikorkeudella lentävät MALE UAV:t, jotka lentävät 12 000 metrin korkeudella, 30 – 40 tunnin lehtoajoja 230 kilogramman hyötykuormalla kuten Atomics Inc.:n Predator (kuva 8) ja Reaper (kuva 9).
- Taktiset UAV:t, jotka lentävät 15.000 ft:n korkeudessa, 5 – 6 tunnin lentoja 25 kg hyötykuormalla kuten Hunter, Shadow 200 (kuva 10) ja Pioneer.
- Pienet, mini-, mikro- ja nano dronet joita käytetään lähempänä maanpintaa ja sisätiloissa.

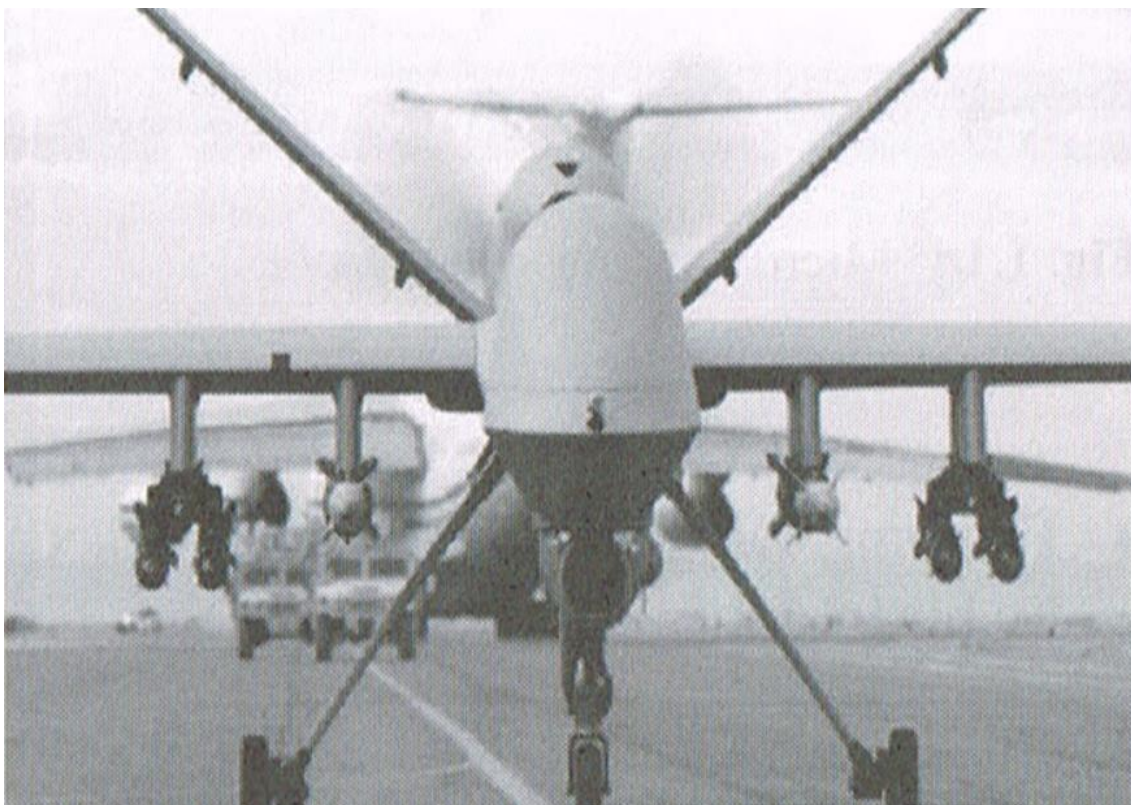
Tästä luokittelusta on helppo havaita, että logistiikan näkökulmasta olisi edullisinta suorittaa kuljetustoimintaa ylemmissä lentotasojen korkeuksissa, kuten nykyinenkin rahtiliikenne sen toteuttaa.



KUVA 7. Northrop-Grummanin Global Hawk HALE UAV (Nonami et.al. 2010)



KUVA 8. General Atomics Inc:n Predator MALE UAV (Nonami et.al. 2010)



KUVA 9. General Atomics Inc:n MQ-9 Reaper (Nonami et.al. 2010)



KUVA 10. AAI:n taktinen UAV Shadow 200 (Nonami et.al. 2010)

3.1.1.3 Käyttövoima

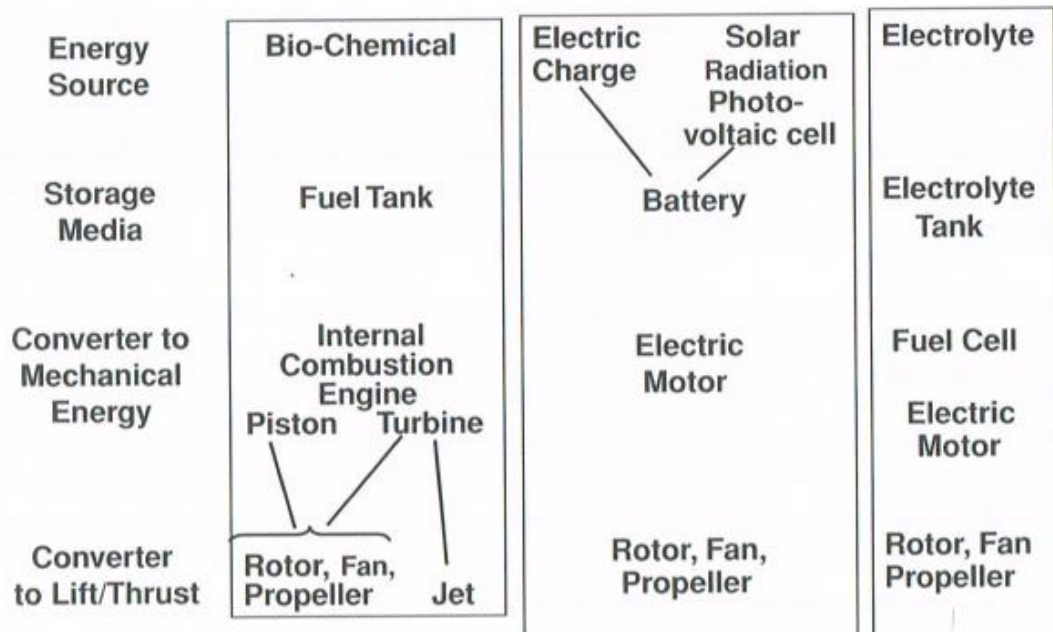
Droonit kuten muutkin ilma-alukset käyttävät liike-energiansa tuottamiseen polttomoottoreita, suihkumoottoreita ja sähkömoottoreita. Raketti moottoreita myös on käytetty, mutta sotilaallisesti niiden käyttötarkoitus on ollut lähinnä vain toimituksen saattaminen perille, eli kertakäyttöinen ja ohjustyyppinen suorite.

Korkealla lentävien HALE laitteiden kuten Global Hawkin käyttövoimana on suihkuturbiini, jonka avulla se voi hyötykuormansa kanssa tehokkaasti saavuttaa noin 20.000 metrin korkeuden. Tällöin kyseinen korkeus saavutettua saadaan huomattava etu taloudellisuuteen kevyemmästä ilmanpaineesta ja ilmanvastuksesta, kuten normaaleissa reittilentoihin käytetyissä lentokoneissa. Hyötykuormasta lentoliikenteessä voidaan karkeasti jakaa $\frac{1}{4}$ -polttoaineelle ja $\frac{3}{4}$ rahdille taloudellisuus laskennassa. Tilanteessa, jossa rahtia on vähemmän, on turha kuitenkaan tankata polttoainetta "kuljetettavaksi" jos ei sitä käytetä. Tavoitteena on, että polttoainetta on tarpeen mukainen määrä varmuusvaroineen ja laskeutuessa ylimääräistä ei ole kuljetettu.

Sama pätee myös potkurivoimalla lentäviin MALE ja sitä alempana käytettäviin lentäviin laitteisiin, sillä erolla, että polttoaineen kulutukseen tulee suuriakin eroja lentokorkeuden ja nopeuden muuttuessa. Näin ollen tarkempi lennonsuunnittelu on usein tarpeen ja polttoaineen laskenta vaativampaa, vaatien suuremman varmuusvaran kuljetettavaksi.

Myös sähkömoottorein tuotettu työntövoima on yleinen varsinkin pienissä ja keskisuurissa ilma-aluksissa. Tulevaisuudessa on oletettavaa, että sähkökäyttöinen lentäminen lisääntyy, ainakin poliittisten päätösten voimalla, jos on uskomisen eri valtioiden julkistamiin ympäristö- ja hiilineutraalius tavoitteisiin. Sähkömoottoreissa kulutuslaskelmat eivät toteudu perinteisten polttomoottoreiden laskentakaavojen ja taulukoiden mukaan, koska energia säiliö on kutakuinkin saman painoinen täytenä ja tyhjänä, puhuttaessa akkuteknologiasta. Tietenkin on huomioitava, että sähkökäyttöisiä ilma-aluksia on myös polttomoottorein generaattorilla sähköä tuottavat voimanlähteet, jotka voivat laskea kulustarpeensa litroina tunnissa. Myös aurinkovoimaa on hyödynnetty niin droneissa kuin täysimittaisissakin lentokoneissa.

Työntövoiman ja sen tuottamiseksi tarvittavan tehon tuottoon käytetään sekä polttomoottoreita että sähkömoottoreita. Moottoreiden energia varataan ja säilötään sekä tankeissa että akuissa riippuen energiasta (kuvio 8).



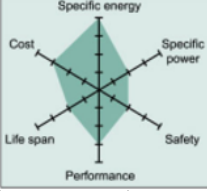
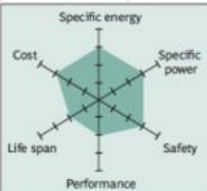
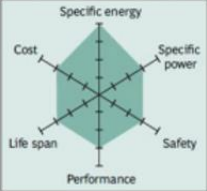
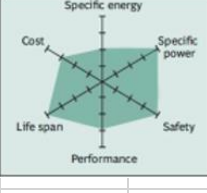
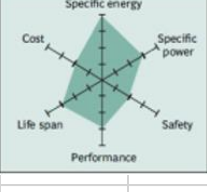
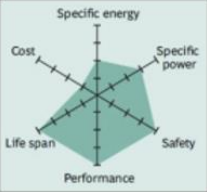
KUVIO 8. Tehontuottojärjestelmät. (Austin, 2010, s. 102)

Akkuteknologia

Käytettäessä sähkömoottoreita akkuteknologialla on merkityksellistä kiinnittää huomiota akkujen rakenteeseen ja varauskapasiteettiin, montako wattituntia saadaan varastoitua kilogramman painoon energiaa [Wh/kg]. On myös usein merkityksellistä miten kyseinen akkutyypin vastaanottaa ja luovuttaa energiansa, puhutaan C-arvosta joka kuvaa yksinkertaistettuna, että 1Ah:n akku luovuttaa energiansa 1 ampeerin virralla 1 tunnissa. C-arvo kuvaa akun toiminnan, lataamisen tai purkamisen nopeutta [h] suhteessa virtaan [A]. Saman akun purkaminen/lataaminen arvolla 0,5 C tapahtuisi 500 mA:n virralla 2 tuntia. Tai purkaminen/lataaminen arvolla 2 C tapahtuisi 2 A:n virralla puolessa tunnissa. Tapahtumaan vaikuttavat käytössä myös muut fysikaaliset tekijät kuten lämpötila ja asento, mutta C-arvo kuvaa akun kykyä vastaanottaa ja luovuttaa energiaa.

Litium-ioni akut (kuvio 9), jotka ovat yleisimpiä drone käyttöön sopivia, sekä eniten odotuksia tulevaisuudessa tuotekehityksessä lupaavia akkutyyppejä,

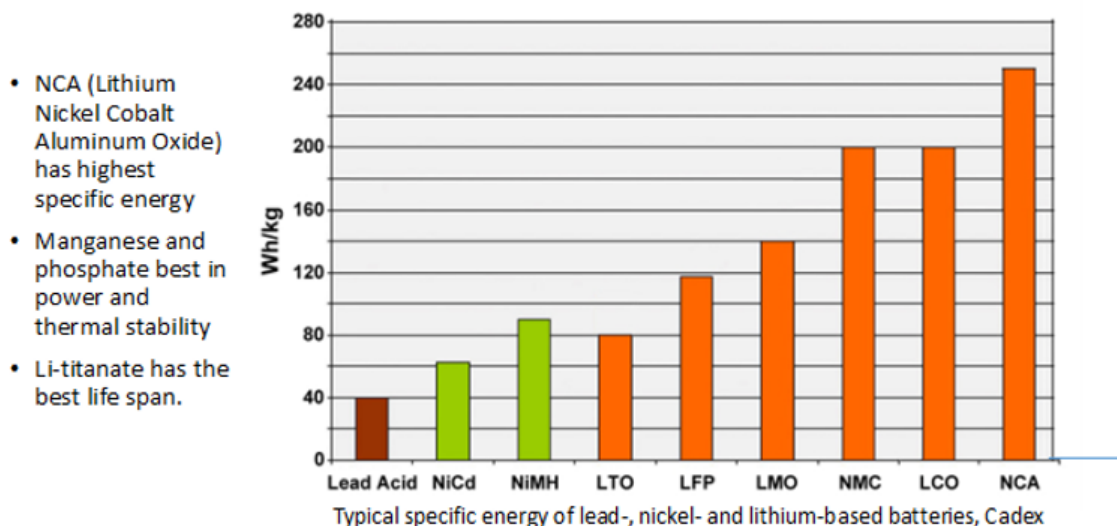
kehitetään jatkuvasti paremmiksi ja tehokkaammiksi uusin materiaalein. Akun C-arvo ei välttämättä ole sama sekä ladatessa että purkaessa, on olemassa akkuja, joita on ladattava tunteja, mutta purkautuvat sekunneissa, miltei kuten kondensaattori (LMO, NMC, LTO). On tapauksia, joissa korkea tai alhainen C-luku on toivottava ja tilanteeseen sopiva ratkaisu, riippuen energiaa käyttävien moottoreiden ominaisuuksista ja lataustapahtumasta.

<ul style="list-style-type: none"> • Lithium Cobalt Oxide(LiCoO2) — LCO • 150—200Wh/kg. Specialty cells provide up to 240Wh/kg. • Charge 0.7—1C, discharge 1C, 500-1000 cycles • Over heated in several B-787 airplanes in 2013 	
<ul style="list-style-type: none"> • Lithium Manganese Oxide (LiMn2O4) — LMO ° 100—150Wh/kg • Charge 0.7—1C; max 3C, discharge 1C, 30C for 55, 300-700 cycles 	
<ul style="list-style-type: none"> • Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (LiNiMnCoO2) — NMC • 150—220Wh/kg • Charge 1C, discharge 1C, 25C, 2000 cycles 	
<ul style="list-style-type: none"> • Lithium Iron Phosphate(LiFePO4) — LFP • 90—120Wh/kg • Charge 0.7C, discharge 1C, 500 cycles 	
<ul style="list-style-type: none"> • Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (LiNiCoAlO2) — NCA • 200-260Wh/kg; 300Wh/kg predictable • Charge 0.7C, discharge 1C, 500 cycles, Tesla 	
<ul style="list-style-type: none"> • Lithium Titanate (Li2TiO3) — LTO ° 50—80Wh/kg • Charge 1C, 5C; discharge 10C, 30C 55, 3000-7000 cycles • (Battery University) 	

KUVIO 9. Litium-ioni akkujen ominaisuuksien vertailu taulu.

(Perttula TAMK)

Merkityksellistä taloudellisuuden kannalta akkujen hinnan lisäksi on, montako kertaa akkuja voidaan ladata ja purkaa, sen menettämättä merkittävässä määrin kapasiteettiaan ja akku tulee uusia. Joskus on tärkeä saada latautuminen tapahtumaan nopeasti uutta käyttöä varten (LTO) välttääkseen pitkiä seisokkiaikoja huoltokatkoilla. Akkujen rakenteen ja ominaisuuksien valintaan on jo olemassa runsaasti tietoa, mutta tuntuu että jatkuvasti tutkijat löytävät uusia materiaaleja ja ratkaisuja akkuteknologian kehittymiseksi. Tunnetuista akkumateriaaleista LiNiCoAlO₂-akku (NCA) on parhaasta päästä varauskykyinen akku 200 – 260 Wh/kg:n varauskyvyllään. Kun vuorostaan perinteinen lyijyakku on varauskyvyltään luokkaa 40 Wh/kg. NCA -akku ei kuitenkaan siedä lataus ja purku syklejä kuin 500 kertaa, kun taas lyijy -akkua voidaan ladata toistuvasti ja melko jatkuvasti kuten autoissa tapana on aina moottorin käydessä (kuvio 10).



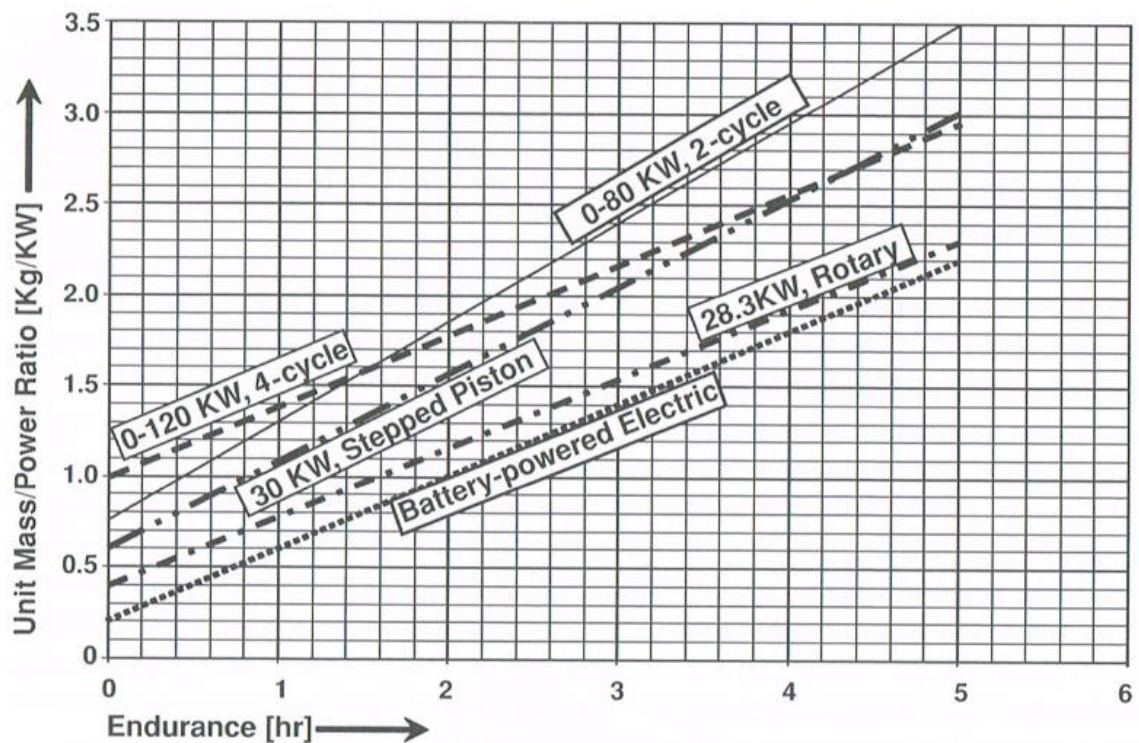
KUVIO 10. Tyypilliset akkumateriaalit varauskyky vertailussa.

Tulevaisuuden akkujen kehitystyö jatkuu ja uusista ratkaisuista on saatu tietoa esimerkiksi:

- Solidit Li-ioni akut olisivat erinomaisia varauskyvyltään, huonoja latautumaan, eivätkä kovin turvallisia
- Litium-sulfaatti akut olisivat myös hyviä varauskyvyltään prototyypillä jopa 500 Wh/kg, mutta huonoja käyttöiältään ja latausajaltaan
- Litium-ilma akut olisivat myös edellisten tavoin erinomaisia varauskyvyltään, mutta vaatisivat puhdasta ilmaa "hengittääkseen" ja olisivat lyhyt ikäisiä.

Energian ja polttoaineen kulutus

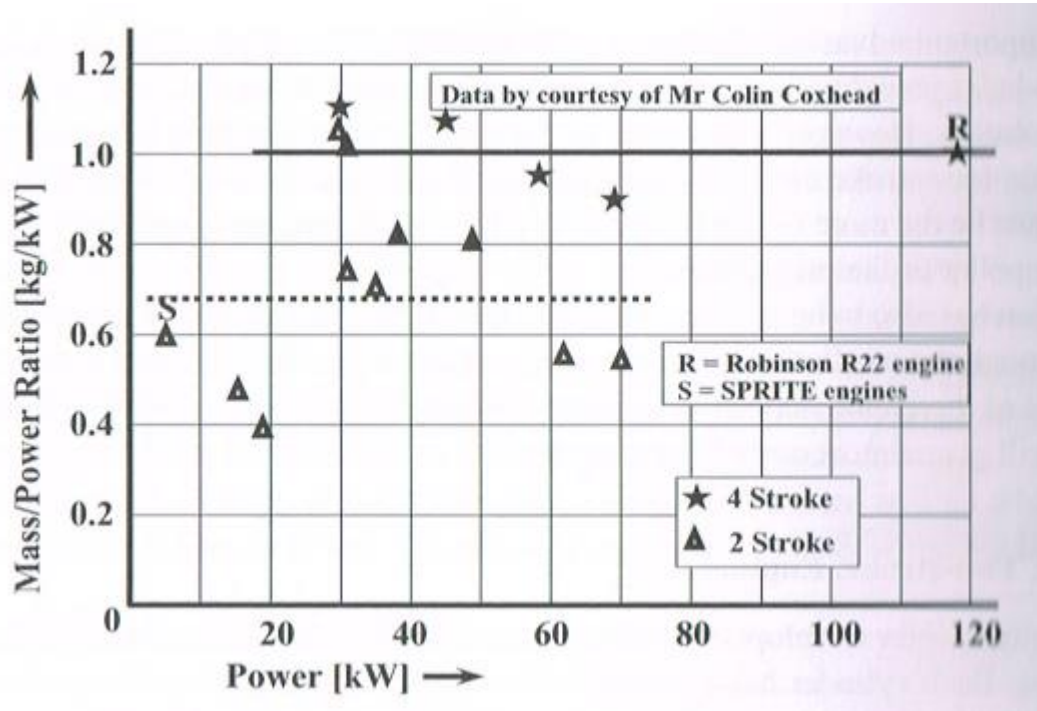
Ilma-aluksissa, joiden suorituskyky on korkea, voidaan usein päätellä voimalaitteen olevan noin 10 % aluksen bruttomassasta. Tarvittavan polttoaineen määrä on tyypillisesti 10–15 % bruttopainosta ja hyötykuorma 40–50 % (Austi,2010, s.288). Kuvauskäytössä tai muussa vastaavassa toiminnassa, jossa hyötykuorma on pienempi voi polttoaineen osuus nousta 20–25 % bruttopainosta ja näin ollen saadaan lisää toiminta matkaa. Kulutus tulee huomioida varsinkin toiminta-aikojen kasvaessa, tällöin ei välttämättä painoteho suhteeltaan paras vaihtoehto ole taloudellisin (kuvio 11), jos polttoaineen kuljettaminen itsessään on epäedullista ja on laskettava pois rahtikapasiteetista. Kaikki kulminoituu bruttopainoon ja sen suomiin mahdollisuuksiin jakautuen voimalaitteen, energian ja hyötykuorman kesken. Lisäksi etsitään ratkaisuja erilaisista uusista energiamuodoista kuten sähkö- ja polttokennoratkaisuista. Polttokennoista toivotaan varsinkin uutta suurta askelta ilmailun energian tarpeeseen, kunhan moottorin paino-ongelma saadaan kohtuulliseksi hyötysuhteen kannalta. Prosessina polttokenno on erinomainen ratkaisu 95 % hyötysuhteella, verrattuna perinteiseen polttomoottorin 35 %:iin. Protonexin polttokennoratkaisu tuottaa 1,2 kg / kW ja kulutusodotukset korkeaan hyötysuhteeseen nähden ovat korkeat.



KUVIO 11. Voimalaite vertailu (Austin, 2010, s. 290)

2- / 4-tahtimoottorit

Polttomootoreista kaksitahtimoottoreilla on eräs etu nelitahtisiin verraten. Kumpikaan moottorityyppi ei tuota tehoa tasaisesti koko kierroslukualueellaan vaan omaa jonkin asteisen ”tehopiikin” edullisimmalla kierroslukualueellaan. Myöskin kummallakin on ominaisensa vääntömomenttikäyrä eikä tasainen, kuten turbiinimoottoreilla. Kaksitahtisen etu on yllättäen pieni vääntömomentsi verrattuna nelitahtiseen, runsas vääntö kun tuottaa nurinkurisesti ongelmia roottorijärjestelmiä suunniteltaessa voimansiirron kestävyuden määrittämiselle ja vaatii kestävämpiä sekä raskaampia ratkaisuja voimalinjan toteuttamiseen (kuvio 12). Massoista puhuttaessa ilmailussa on opittu, että kaikki vaikuttavat toisiinsa ja raskaamman voimalaitteen valinta on nollasummalaskennassa menetys nettokuormalle. Porrastetun männän kaksitahtimoottorit ovat uutena moottoriratkaisuna tulleet ilmailumoottoreihin ja on osoitus, että polttomoottoreilla on myös kapasiteettia kehittyä ja pysyä kilpailussa vaihtoehtona. Historiassa hankalina tunnetut pyörivät moottorit ovat ratkaisseet alkuaikojensa tiivistys ja luotettavuusongelmat. Israelilaiset Hermes UAV:t käyttävät pyörivää moottoria ja kokemuksella voidaan sanoa niiden olevan pitkäikäisiä ja taloudellisia (0,35 kg / kWh).



KUVIO 12. Ilmajäähdytetyn mäntämoottorin massa/teho suhde
(Austin, 2010. Unmanned Aircraft Systems, s. 103)

Kaasuturbiini

Kaasuturbiini moottori perusmoottorina on hiljainen ja tuottaa tasaisesti tehoa lineaarisesti massa-/tehosuhteella. Toimien perus kompressorisarja turbiinirakenteella tehon katoaminen kuormituksen kasvaessa ja kierrosluvun laskiessa tuo väistämättä inflaation myös tehontuottoon. Pitkä vastausviive ei ole toivottu varsinkaan koptereissa, joissa liidolla ei voida paikata hetkellistä tehon menetystä kuten kiinteäsiipisissä laitteissa. Turboakselimoottorit luovat toivoa parempaan vasteaikaan, vaikka se ei vastaa mäntämootoreiden herkkyyttä. Turbopuhallin moottoreilla otetaan edut turboakselimoottorista ja lisäteho lämpimän palamisilman muuttamisesta liike-energiaksi, tämä on ratkaisu myös HALE koneilla kuten Global Hawk ja Predator R:llä turbopuhallin moottorina, mutta kokonsa vuoksi ei kovin taloudellinen ratkaisu pienemmille teho vaatimuksille. Käytännössä pienemmät ja siviilipuolen moottorit ovat mäntämootoreita. Uskon että uuden ajan pienien kaasuturbiini moottoreille olisi hyvinkin kysyntää tulevana drone moottoreiden vaihtoehtona, varsinkin pitemmän matkan droneissa.

Jos ilma-aluksen ominaisuudet ja suorituskyky ovat tekijän parhaita arvioita, ja ne heijastavat todellisten ilma-alusten arvioita nykyisessä kokoonpanossaan. Arviot ovat suunnittelukysymyksiä ja kompromisseja.

3.1.2 Järjestelmätekniikka

Dronet vaativat useimmiten toimintansa turvaamiseksi sekä mahdollistamiseksi lisää tekniikkaa, joka mahdollistaa huollon, hallinnan ja tehtävän suorittamisen kannalta tarpeellisia oheistoimintoja. Logistiikan toteutuksessa tähdellistä on rahdin lastaaminen ja luovuttaminen määrätyissä sijainneissa. Lisäksi tarvitaan usein suojaa kalustolle huonon sään ja säilytyksen ajaksi. Myös ohjaus ja tietoliikenne, sekä navigointi vaativat omia järjestelmiään toiminnan ylläpitämiseksi. UAS eli miehittämätön lentojärjestelmä käsittää edellä mainitut ja tarvittaessa muita alajärjestelmiä, joilla toimintaa kokonaisuudessaan voidaan nähdä ylläpidettävän. Osa alajärjestelmistä määräytyy käytettävän dronekaluston ja tarkoituksen mukaan, kuten lentoon laukaisun ja palaamistavan mukaiset varusteet. HTOL -kalusto vaatii joko kiitoradan tai katapultin, jolla alkukiihdytys saadaan aikaan. VTOL -kalusto vuorostaan vaatii tukevan ja usein tuulisella säällä suojaosan lähtöalustan toiminnalleen, ollessaan tuulelle herkimmillään nousu ja laskeutumisvaiheessa kun moottoreiden työntövoima lasketaan minimiin. Usein dronet selviävät paremmin itse lentotapahtumasta vaativissakin ilmasto-olosuhteissa, mutta nousu- ja laskeutumistapahtumat ovat haasteellisia. Ohjausasemana toimiva seuranta yksikkö on kevyimmillään esimerkiksi kädessä kannettava puhelimesta ja lähettimestä koostuva kokonaisuus, mutta käytettäessä vaativampaa ja ammattimaisempaa, jatkuvaan prosessimaisempaan toimintaa tarkoitettua ohjausasemaa on kokonaisuus rakennettava myös ympäristöltään ja säältä suojatuksi. Ammattimaisessa ohjausasemassa on oltava valmiudet muunkin ilmaliikenteen seuraamiseen ja kommunikointiin ilmavalvonnan kanssa, kuten lennon valvonnassa lennonjohdossa tai lentokoneessa, joita ohjausasema tällöin vastaa. Näiden kalustoon ja henkilöstöön kohdistuvien vaatimusten ja rajanvetojen suhteen tehdään parhaillaan kovasti töitä eri säädösten ja lakien aikaan saamiseksi sekä päivittämiseksi aikaa vastaaviksi. UAS vastaa käytännössä samaa operatiivisen kyvyn suoritustasoa kuin miehitetty

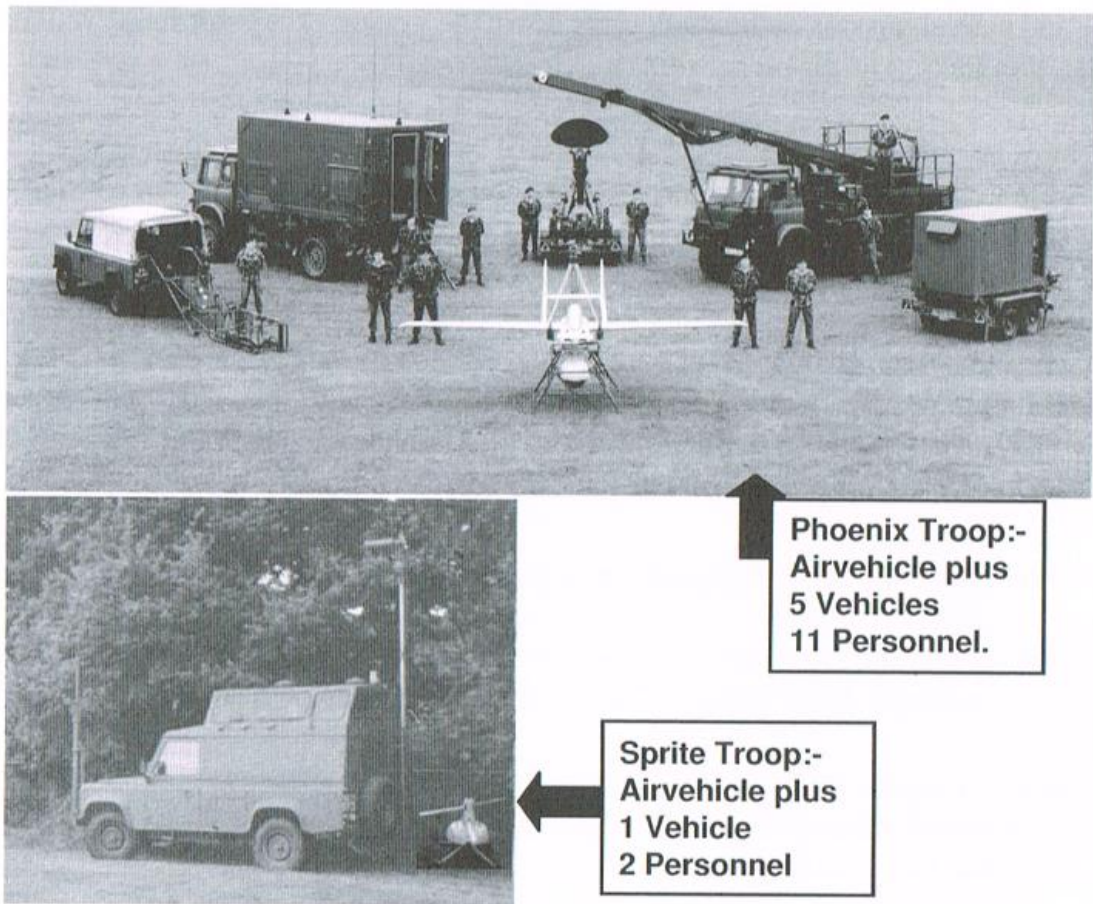
lentotoiminta, sillä erolla, että tarvittavan henkilöstön sijainti voi olla muualla, kuin lennolla mukana.

Tietoverkot

Dronet voidaan ohjelmoida tekemään itsenäisesti useita navigoinnin tehtäviä kuten löytämään määränpänsä GPS- tai radiosignaalin mukaan, sekä palaamaan optimaalista reittiä takaisin lähtöpaikkaansa, mutta usein johtuen ulkoisista tekijöistä on tiettyjä ilmatiloja väistettävä tai tehtävä lennon aikaisia reittimuutoksia. Tilanne tietoisuus ja kyky reagoida ongelmiin niiden ilmentyessä on turvattava riskien toteutumisen välttämiseksi. Usein myös dronet osaavat itsenäisesti tehdä analyysiä ja etsiä ratkaisua ongelmatilanteisiin, kuten esimerkiksi operaattorin ja dronen välisen radioliikenteen katketessa, drone voidaan ohjelmoida etsimään radiosäde ja palauttamaan yhteys tai vaihtaa toiselle radiotaajuuskaistalle, tai vaihtoehtoisesti keskeyttämään annetun tehtävän ja palaamaan maa-asemalleen.

Navigoinnin ja paikantamisen tarkkuutta sekä luotettavuutta on usein tarpeen parantaa maa-asemien GPS -järjestelmiin tekemien korjaussignaalien avulla, jolloin puhutaan DGPS -järjestelmistä. Tämä kuitenkin vaatii usein toiminta-alueen kattamiseksi verkostoa, jonka kantavuus riittää tarvittavan GPS:n virheen korjaussignaalin toimittamiseen operoivalle dronelle. Myös näiden tukiasemien on oltava yhteydessä toisiinsa ja ohjausasemaan luoden jälleen oman alajärjestelmän.

Esimerkiksi Yhdysvaltain ilmavoimien Phoenix-joukkoihin sisältyy, 5 ajoneuvoa ja 11 hengen käyttöhenkilöstö yhtä ilma-alusta kohden. Toisaalta kevyt Sprite UAV on mahdollista pitää toiminnassa 2 henkilön voimin (kuva 11).



KUVA 11. Phoenix ja Sprite UAV:den ylläpitoon määritetty järjestelmätekniikka. (Austin, 2010. Unmanned Aircraft Systems, s. 267)

3.1.2.1 Kiinnittimet ja kuljetuslaatikot

Ajateltaessa käyttää dronea logistiikan tarkoituksiin tulee aikaisessa vaiheessa eteen ratkaistavaksi ongelma rahdin kiinnittämisestä kuljetettavaksi. Ajateltaessa ongelmaa syvällisemmin ja käytännön kannalta, on tehtävä valinta rahdin lastaus- ja luovutus- tapahtumasta, tapahtuuko ne dronen ollessa maassa tai telakalla, vai toimiiko drone ns. leijunta tilassa rahdin vastaanottamisen ja luovuttamisen aikana? Molemmissa ratkaisuisissa on etunsa, nousut ja laskut ovat tapahtumina kriittisiä ja niitä tulisi välttää liikennöinti prosessissa, kuin bussilinjalla kolmioita risteyksissä (yleensä linja-auto liikenteen reitti valitaan niin, ettei kuljettaja joudu kärkikolmion taakse risteyksessä, jos mahdollista). Mahdollisuus epätasaiseen laskualustaan ja ohjausvirheen takia dronen vaurioitumiseen on merkittävä, verrattaessa vapaassa ilmatilassa tapahtuvaan lentoon ja leijuntaan. Valittaessa vaihtoehto,

jossa esimerkiksi lastaus tapahtuisi maakontaktissa olisi kuitenkin huomioitava suojarakenteet sääilmiöitä vastaan laskeutumisalueella. Mutta jos mahdollista, niin rahdin luovutus mielivaltaisessa, ennalta tuntemattomassa sijainnissa on turvallisinta suorittaa turvaetäisyydellä leijuttaessa, jos dronen rakenne sen mahdollistaa. Näin vältetään monelta ennalta arvaamattomalta riskiltä ja harmilta. Lisäksi on tarpeen luoda varmuusratkaisu, joka estää rahdin luovutustilanteen keskeyttämisen välittömästi menettämättä dronea ja sen hallintaa. Yksi tällainen ratkaisu on Lentola Oy:n kehittämä ”laari” (kuva 5) jonne drone kykenee pudottamaan kuormansa pienen 2 - 3 metrin etäisyydeltä noudettavaksi leijunnasta, tarvitsematta suorittaa riskialttiita laskeutumis- ja nousuoperaatioita, eikä ihmisten tarvitse tarttua droneen tai kooliin tapahtuman aikana.

Ensinnä on valittava rahdin kiinnitystapa ja lukitus, tai jopa kaksi eri lukitusta, joista toinen toimii normaalisti rahdin kiinnittämiseen ja toinen, joka laukeaa sulakkeen omaisesti, ongelmatilanteessa, jossa rahti on takertunut kiinni ja dronen tulee irrottautua siitä selviytyäkseen itse pinteestä.

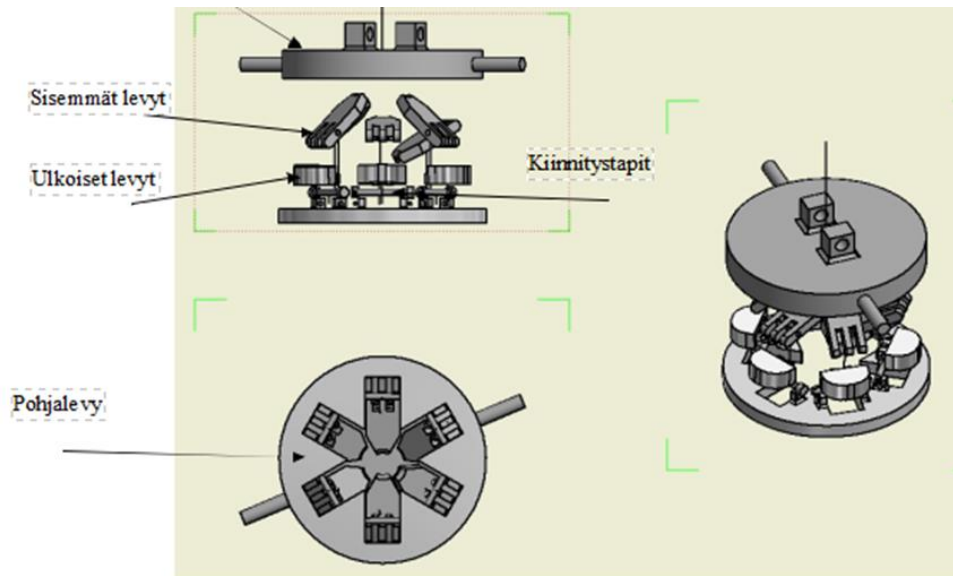
Seuraavaksi tulee valita rahdille ja kiinnitystavalle soveltuva laatikko tai pussi, joka on sekä ilmanvastukseltaan että rakenteeltaan tarkoitustaan vastaava ja turvallinen. Tässä tilanteessa voi olla tarpeen konsultoida asiakkaita ja luoda konsepti, joka palvelisi pitkään ja useissa tarpeissa.

3.1.2.2 TAMK:n rahtiratkaisu projekti

Tampereen ammattikorkeakoulu oli saanut tarjouksen ratkaista kuljetus ongelma logistiikan taakan droneen kiinnittämiseksi. Tehtävään kuului myös kuljetuslaatikko, joka liittyisi kyseiseen kiinnitykseen. Lisäksi rahti olisi saatava pysymään vakaasti tietyissä lämpötilarajoissa, kuljetusmatkasta tai ajasta riippumatta. Tämän oletettiin vaativan mahdollisesti lämmitys-/jäähdytys-elementtiä kollin sisään.

Saw -kiinnitys vaihtoehto

Yhtenä ideana oli kiinnitys, jossa tappi (kuvio 13) kiinnittyisi paikalleen painamalla, mutta ei irtoaisi kuin sähköisesti. Esimerkiksi solenoidilla tai askelmoottorilla.



KUVA 1. Saw -kiinnitys



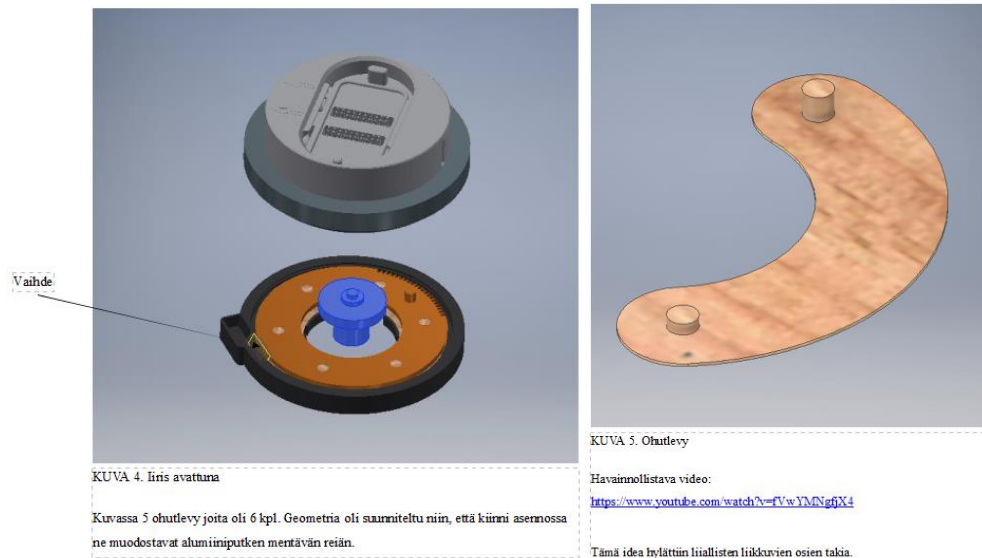
KUVA 2. Kiinnitystappi

KUVIO 13. Saw-kiinnityksen suunnitelma (TAMK)

Tarkoituksena oli, että tappi tulee kiinni rahtikolliin ja työntää lukituslaitteen sisemät levyt ylös ja lukittuu dronessa olevaan lukkolaitteeseen. Sähkö oli tarkoitus tuoda Kontaktorin kautta kiinnitystapin päästä rahtikollin jäähdytys-/lämpö- elementille. Saw-vaihtoehto katsottiin kuitenkin liian monimutkaiseksi ratkaisuksi ja hylättiin.

Mekaaninen iiris -kiinnitys vaihtoehto

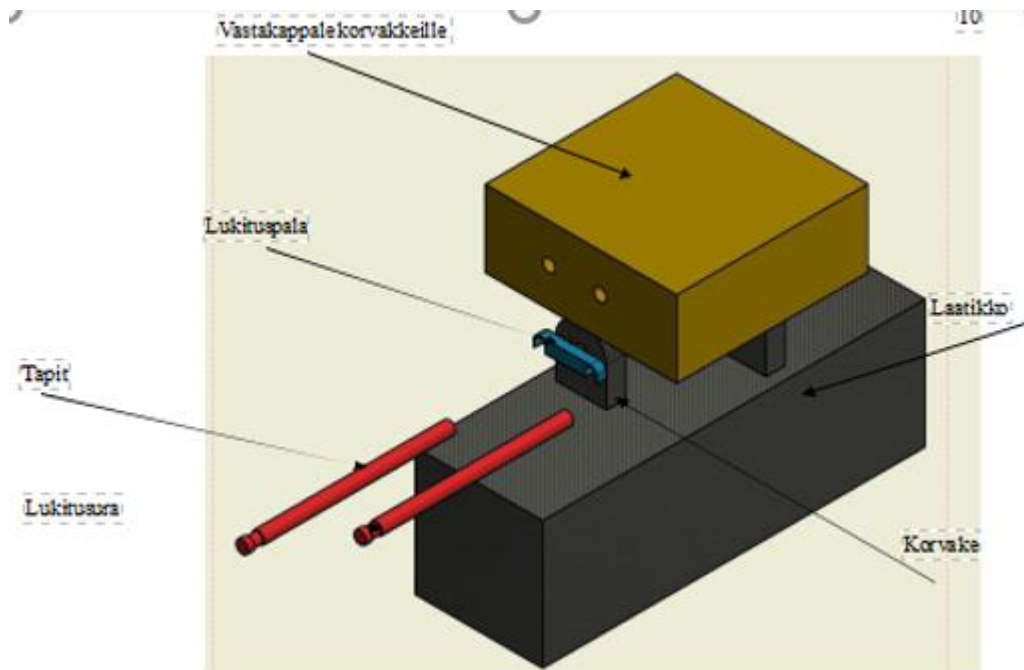
Tämä idea perustui Kameran linseissä sulkusysteemiin. Rakenteessa ohuet levyt pääsevät liukumaan toistensa päällä. kiinni asennossa tappi pysyy kiinni rakenteen sisällä. Mekanismi suljetaan pyörittämällä levyjä käyttämällä pientä askelmoottoria. Kuvissa myös plug and play -liitin, jolla liitytään droneen kiinni (kuvio 14). Myös tämä vaihtoehto hylättiin.



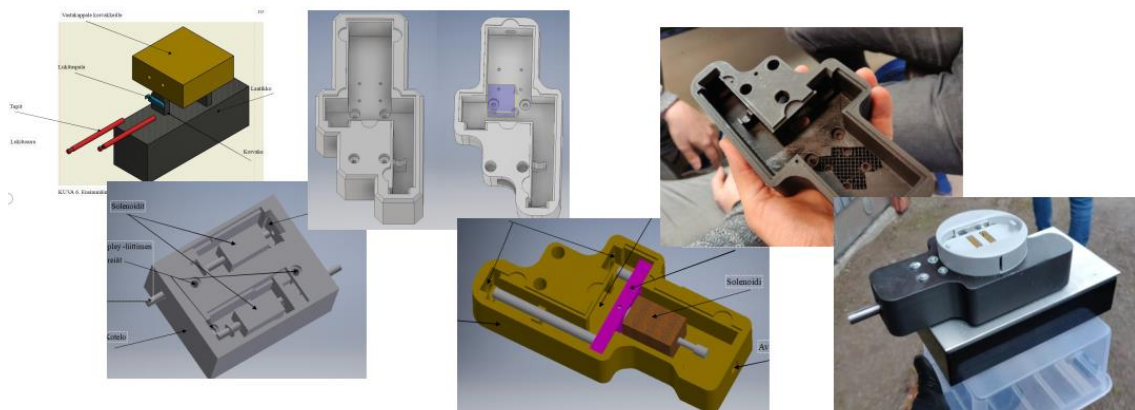
KUVIO 14. Mekaaninen iiris -kiinnitys. (TAMK)

Tappi -kiinnitys vaihtoehto

Ratkaisu johon TAMK:n opiskelijat päätyivät lopulta kiinnitysratkaisua luodessaan. Solenoidi liikuttaa sähköisesti kahta lukitustappia (kuvio 15). Liitoksen kautta voidaan samalla myös antavat syöttöjännitteen rahtikollissa mahdollisesti tarvittavalle Peltier-elementille lämmönsäätely mahdollistamiseksi kontaktipintojen kautta. Kiinnityksestä tehtiin koeversio muovista 3D-tulostamalla (kuva 12).

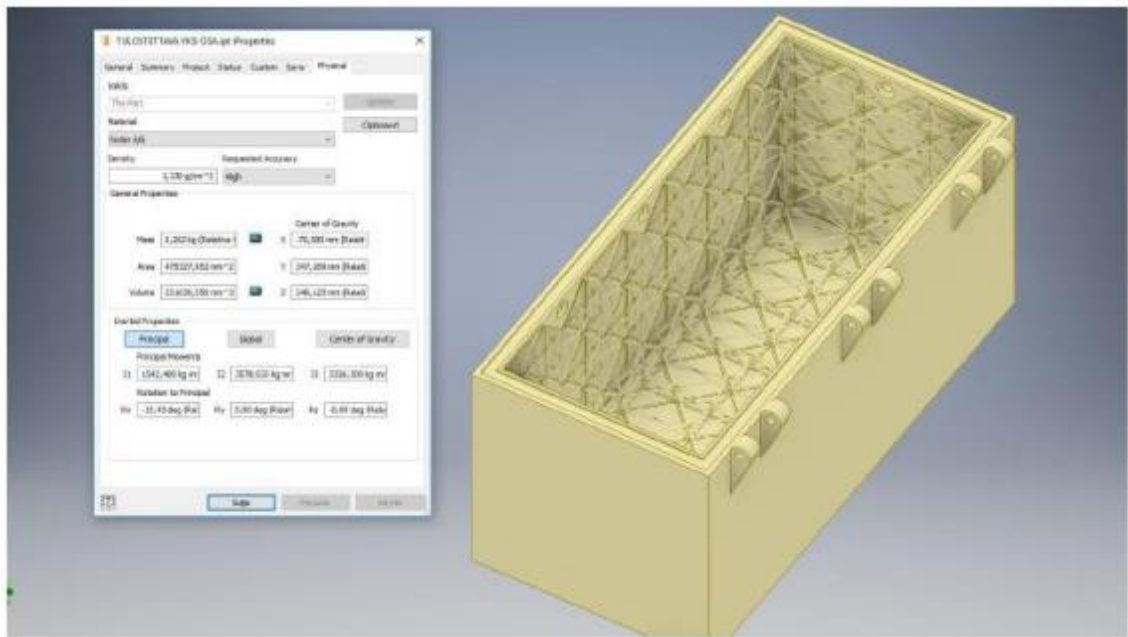


KUVIO 15. Tappi kiinnityksen periaatekuva. (TAMK)



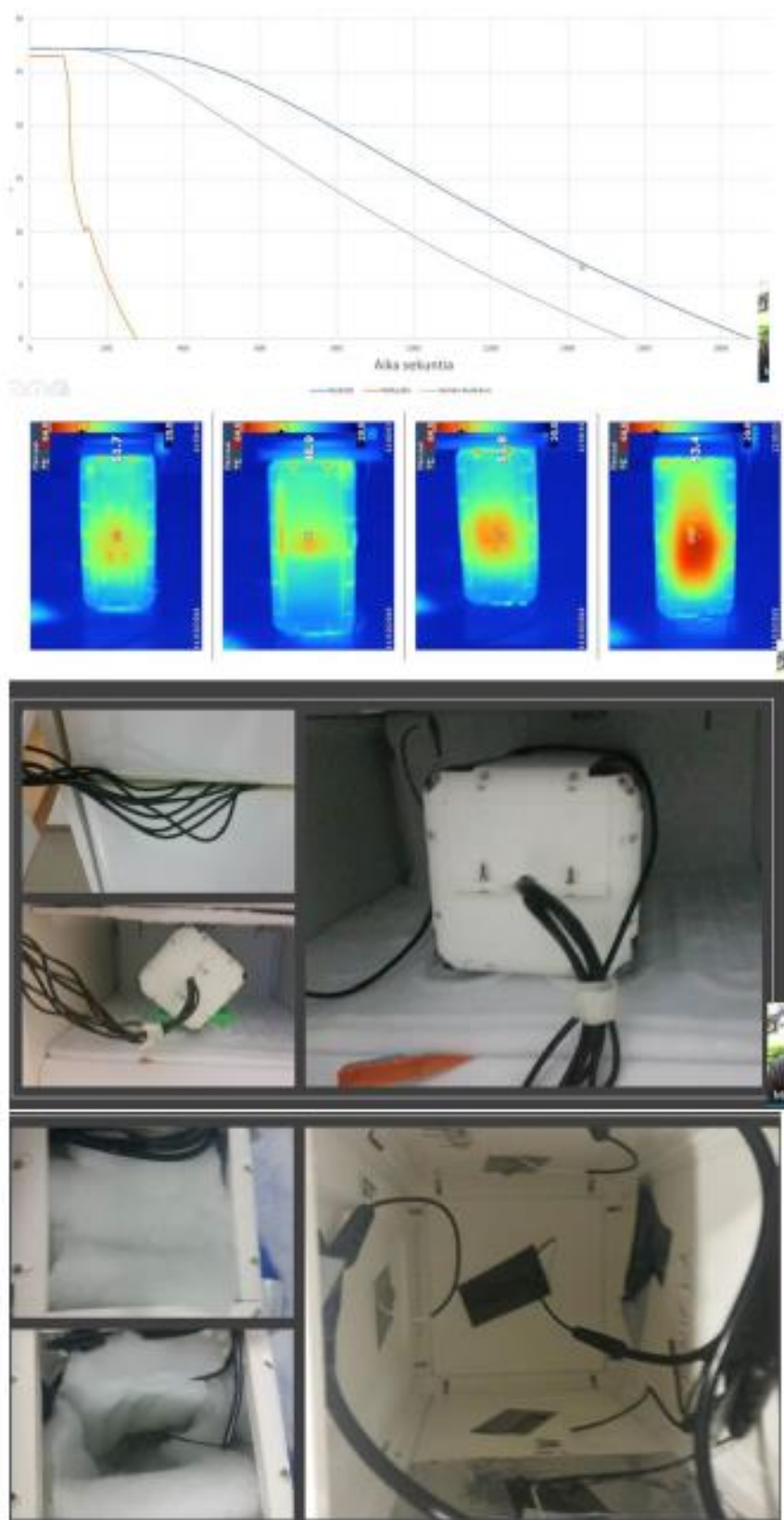
KUVA 12. Tappi kiinnityksen koeversion kehitys valmiiksi tuotteeksi. (TAMK)

TAMK:n ratkaisu kuljetuslaatikon tarpeeseen perustui kennorakenne elementeistä koottuun laatikkokokoonpanoon, keveyden ja jäykkyyden optimoimiseksi (kuvio 16).



KUVIO 16. Kuljetuslaatikon kennorakenteen optimointi. (TAMK)

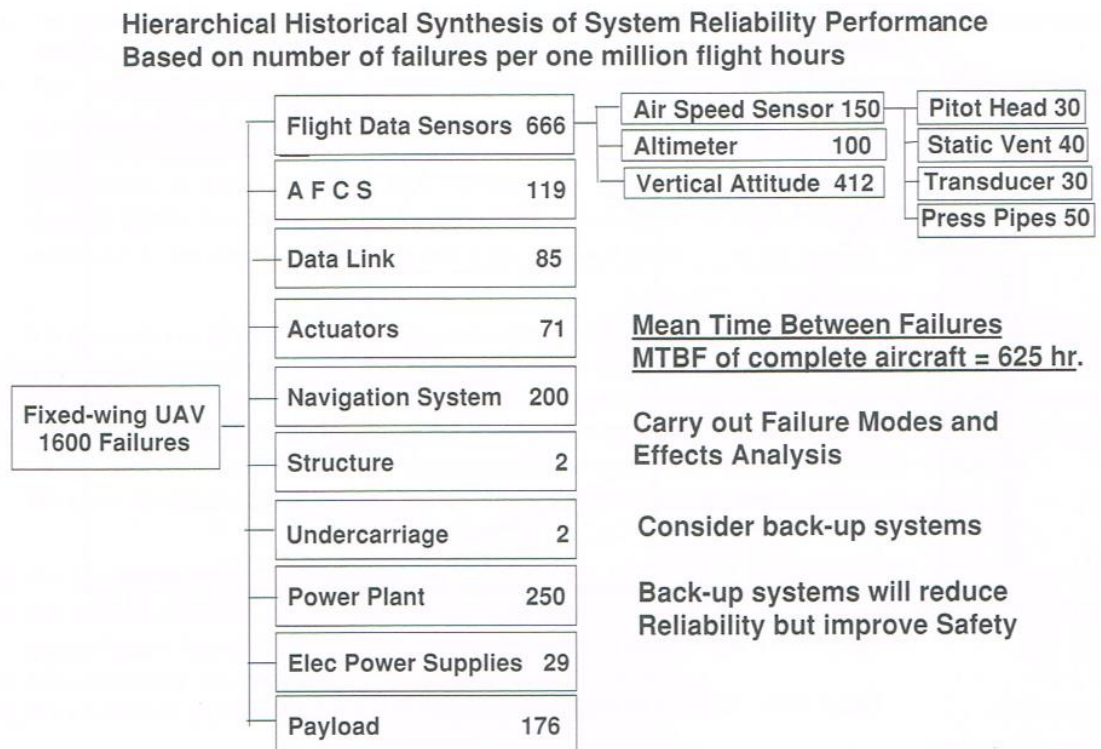
Laatikon lämmön eristys ja ylläpitokokeita tehtäessä laboratorioissa (kuva 13) tuli selväksi peltier-elementin tarve, jolla turvataan tasainen lämpötila kuljetuksen aikana ulkolämpötilan muuttuessa.



KUVA 13. Kuljetuslaatikon laboratorio kokeet. (TAMK)

3.1.3 Luotettavuuden arviointi

Luotettavuus pohjautuu todennäköisyyksien summasta, jossa on huomioitu kaikki järjestelmässä olevat ja mahdollisesti vikaantuvat komponentit. Mutta on väärin ajatella, että kokonaisuus tai järjestelmä olisi itse komponentti, vaan mitä pienempään pystytään pilkkomaan detaljitasolla osat, sitä tarkempaa tietoa saamme vikaantumiskohteista ja yleisyydestä. Luotettavuutta mitataan keskimääräisenä ilmenemisaikana vikaantumisten välillä, Mean Time Between Failures (MTBF), joka ilmenee sitä suurempana lukuna mitä luotettavammin järjestelmä toimii. Usein näkyy myös vertailuita mitta-asteikolla, jossa on kuvattu asia käänteisesti tyyliin, kuinka monta vikaa on havaittu esimerkiksi 1000 tunnin aikana. Seurannan ja vikaantumisista tehtyjen havaintojen pohjalta voidaan luoda luotettavuussynteesi (kuvio 16), joka havainnollistaa komponenttien ja alijärjestelmien vikaantumisyhteisyyttä. Esimerkissä Reliability Consultant Ltd on kuvannut erään UAV:n vikaantumistietoja 1 miljoonan lentotunnin aikana havaituista 1600 viasta. Tämän tiedon pohjalta on mahdollista kohdentaa huolto- ja tarkistusjaksoja kriittisiin kohteisiin, sekä suunnitella käyttö- ja huoltovälejä toimintaan kohdennetuiksi.



KUVIO 16. Luotettavuus-synteesi (Austin, 2010. s. 210)

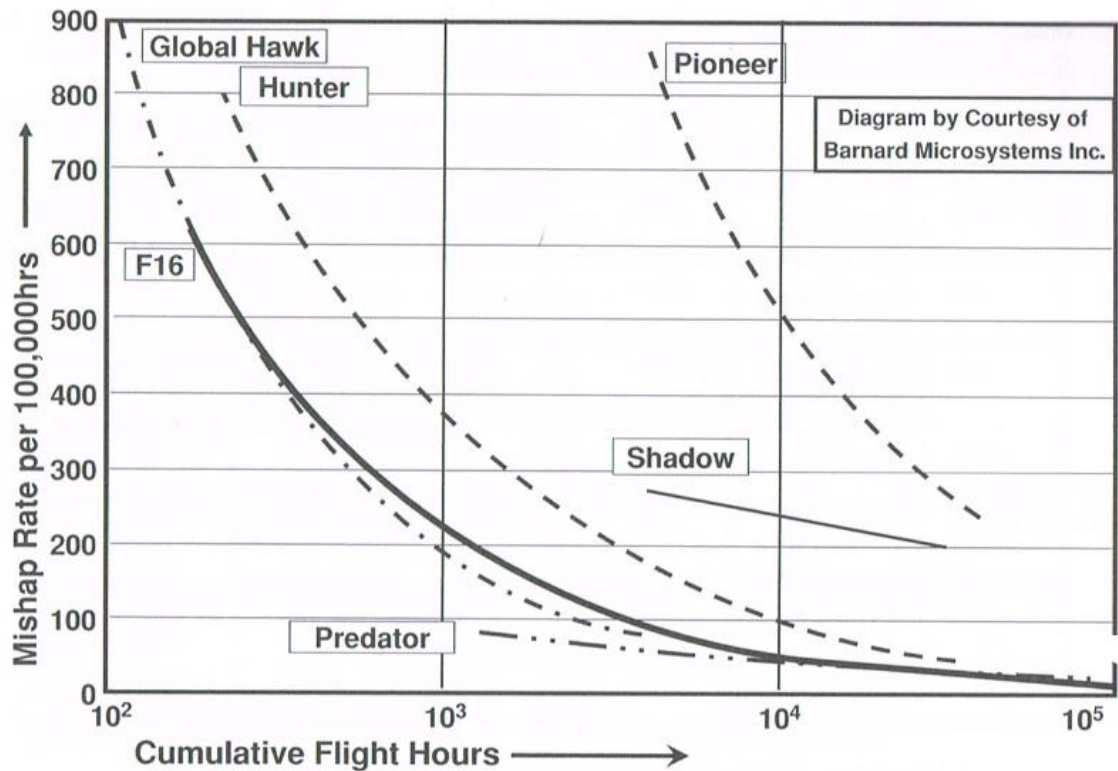
Luotettavuus-synteesi on erinomainen työkalu myös suunnittelijoille, jotka voivat ammentaa kokemuspohjaista tietoa uusien tuotteiden kehittämiseen. Usein tällöin tulee tuotteen kestävyydelle vaatimuksia, jotka määrittävät kuinka usein huoltotoimenpiteitä tulee suorittaa. Tietäessämme komponenttien keskimääräisen eliniän tai vikaantumistiheyden, voimme laskea keskimääräisiä korjausaikoja, Mean Time To Repair (MTTR), jotta osataan varautua oikein erilaisiin vikaantumisiin huolto-ohjelman puitteissa.

Edellisen synteessin julkaisusta on kestänyt 12 vuotta (2005) ja sama kalusto esiintyy kuuden UAV:n vikaantumisyyiden taulukossa (mutta ei ole tietoa mikä näistä kuudesta on edellä mainittu UAV) joka on tuotu julki (kuvio 17). Viat on esitetty prosentteina kaikista mallissa ilmentyneistä vioista, jakaen ne viiteen eri alueeseen: voimalaitteeseen, lennonhallintaan, kommunikointiin, ihmisen tuottamiin ja sekalaisiin.

Aircraft	Power-plant	Flight Controls	Communi-cations	Human Errors	Miscellan-eous
Predator A	23%	39%	11%	16%	11%
Predator B	53%	23%	10%	2%	12%
Pioneer 2A	29%	29%	19%	18%	5%
Pioneer 2B	51%	15%	13%	19%	2%
Hunter 5A	38%	5%	31%	7%	19%
Shadow	38%	0	0	38%	24%
Average of above UAV	38%	19%	14%	17%	12%
Average of IAI UAV Fleet	32%	28%	11%	22%	7%

KUVIO 17. UAV:den vikaantumisyyiden taulukko vuodelta 2005.
(Austin, 2010, s. 211)

Vertailtaessa miehitettyjen ja miehittämättömien ilma-alusten vikaantumista on huomioitava käyttö ja tarkoitus, koska miehittämättömiä aluksia useinkin valitaan riskialttiisiin tehtäviin, joihin emme halua lentäjää fyysisesti saattaa. Kuitenkin kuvaaja (kuvio 18) osoittaa että ikääntyminen ja vikaantuminen kohtelevat samankaltaisesti sekä miehitettyjä että miehittämättömiä ilma-aluksia



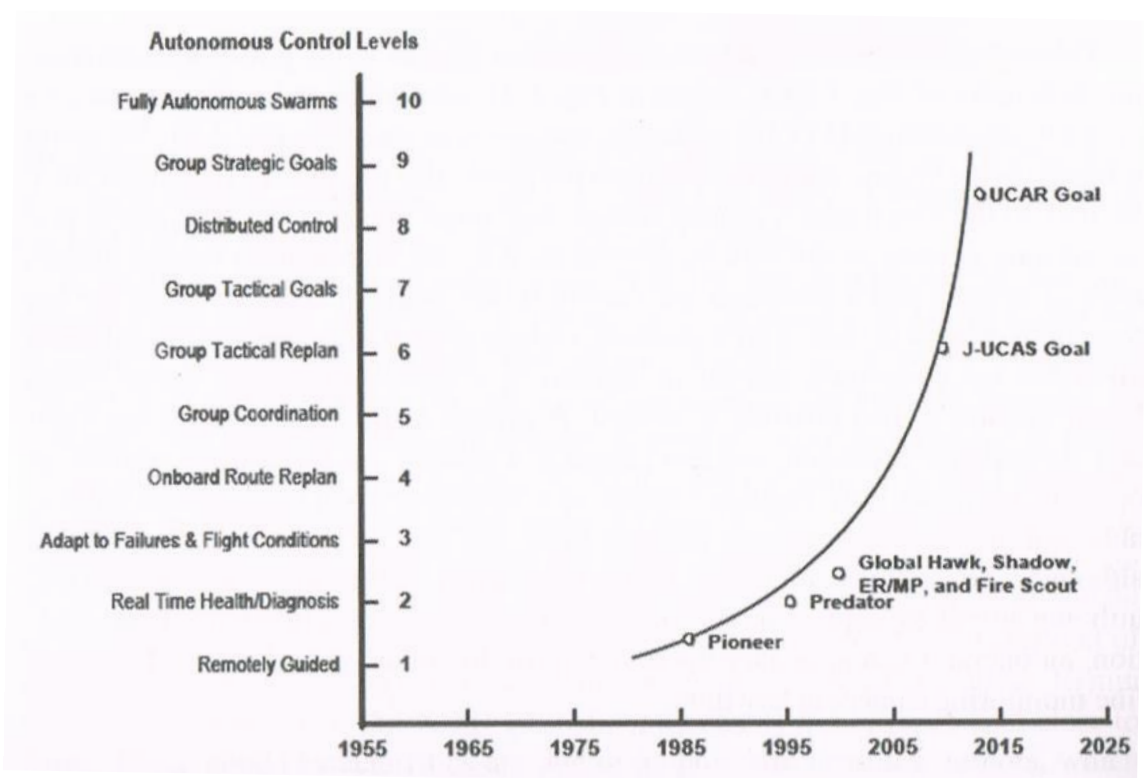
KUVIO 18. Ikääntyminen ja vikaantuminen kuvaajana (Austin 2010, s.209)

Myös hyvin merkityksellistä on määritellä vika ja vikaantuminen. Onko kyseessä linnun uloste kameran linssissä vai aluksen kadottamisen aiheuttava tietoliikenteen tai tekniikan vika. Yhdysvaltain puolustushallinto lähestyy asiaa sotatilanteen termein ja se saattaa hämmentää tilastoja seuraavia, koska huomio on asetettu tilanteen ja suoritusten osalta onnistumisiin ja menetyksiin.

Yhdysvaltain kansallisen puolustuslehden mukaan, 2002 strategia UAV:ille oli asetettu tavoitteeksi menetysaste < 50 / 100 000 tuntia. Samassa raportissa Pentagon ilmoitti Predator RQ1B:n menetysasteen olevan 31 ja ettei se olisi hyväksyttävää, vaikka alkuperäinen tavoite oli saavutettu. Puolustushallinto määräsi uuden menetysasteen tasolle < 15 / 100 000, joka tulee saavuttaa vuoteen 2015 mennessä. Jäi epäselväksi tarkoittaako menetys seurausta teknisestä viasta, vai vihollisen- tai käyttäjien- toimista, koska joka tapauksessa Predator on jäänyt onnistumatta tehtävästään.

3.1.4 Tulevaisuuden näkymät drone teknologia kehityksessä

Autonomisten miehittämättömien ilma-alusten kehitys on asetettu Yhdysvaltojen ilmailujärjestelmien strategiassa vuosille 2005 – 2030 on lisätty teknologian edistyminen tasosta 1, tasoon 10, joka tarkoittaa täysin autonomista kauko-ohjausta ja parvin hallintaa (kuvio 19). Parvin hallintaa on ollut suurelle joukolla esiteltynä ainakin Etelä-Korean talviolympialaisissa 2018, jolloin 1200 dronea muodostivat taivaalle paitsi olympiarenkaat, niin myös useita urheilija hahmoja tuhansien urheilujuhlaa seuranneiden iloksi. Myös Yhdysvalloissa Kaliforniassa heinäkuussa 2018 esitettiin vastaava 2000 dronen parviesitys valonäytöksenä, ilotulituksen korvikkeena.



Kuvio 19. Yhdysvaltain ilmailujärjestelmien strategia 2005 – 2030.

(Nonami et.al. 2010, s. 22)

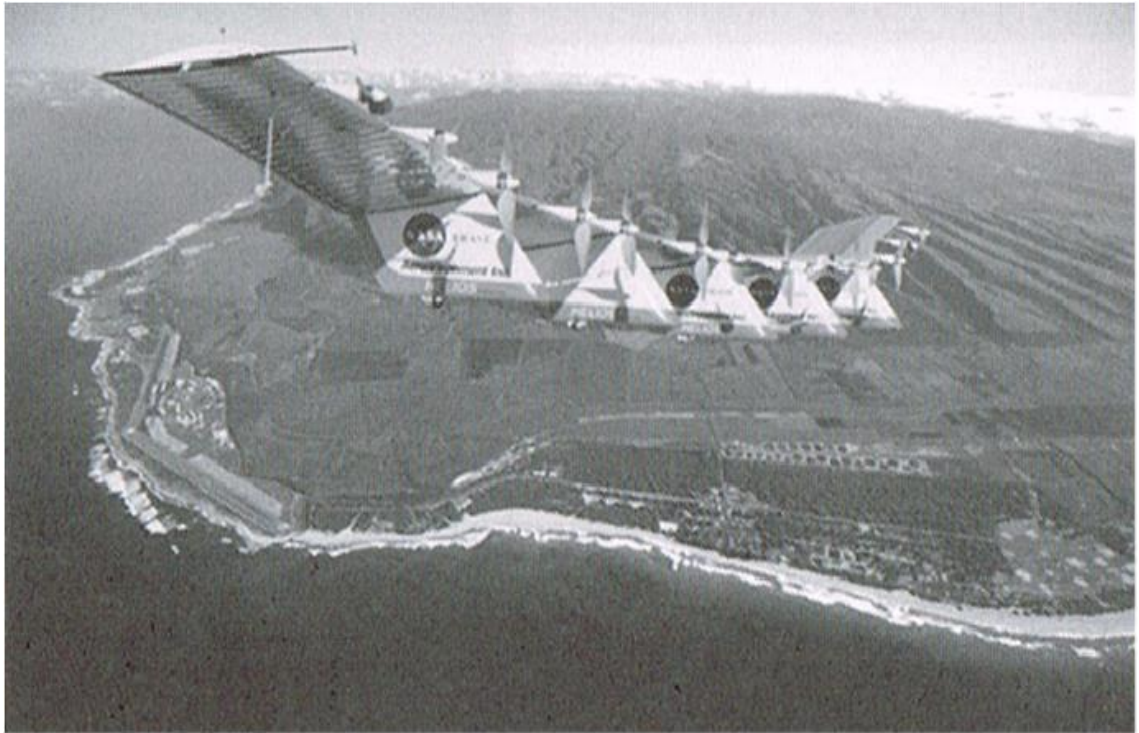
Armeijan tavoite on saavuttaa täydellinen autonominen alueellinen parvikontrolli vuoteen 2020 mennessä. Mitä tämä tarkoittaakaan, kun tiedämme millä tasolla siviilipuolen dronet ovat esiintyneet jo 2018. Visioperusteinen navigointi (VO) on jo saapumassa pieniin ja siviilikäyttöön tarkoitettuihin drooneihin. Toteutuessaan VO mahdollistaa visuaalisen matkamittarin ja navigoinnin

seuraamalla ympäristön visuaalisia piirteitä. Nyt jo kuvaus dronien hahmon seuranta mahdollistaa ns. ankkuroinnin kohteeseen, jota drone sitten omatoimisesti seuraa kohteen liikkeiden ja nopeuden muuttuessa. VO:n kehittyessä on mahdollista navigointi ja toimiminen myös GPS-kielteisessä maastossa, laitteen itse kartoittaessa liikkuessaan ympäristöään ja täydentäen olemassa olevaa dataa eri tietokannoissa. Tämä mahdollistaa myös ajoneuvon tai henkilökohtaisen lisäistin ympäristön seurantaan, esimerkiksi vapaan parkkipaikan etsintään.

Anturointi lisääntyvät komponentit kevenevät ja halpenevat. Suljettujen ja ahtaiden tilojen turvamekanismeina infrapuna- ja ultraäänianturit ovat jo arkipäivää siviilidrooneissa ja tulevat olemaan pakollisia tulevaisuudessa, missä laajuudessa ja kantavuudella jää nähtäväksi uusien säädösten ja direktiivien julkistamiseen asti.

Ainakin tuleva asetus (EU) 2018/1139 tulee ottamaan kantaa jossakin laajuudessa niin sanottuun Ecoaitaan, jolla voidaan rajata tietyt ilmatilat drooneista vapaiksi ja pääsemättömiksi tarvittaessa.

Koska drooneilla ei tarvitse olla ihmistä fyysisesti mukana, on mahdollista myös stratosfääriin lentäminen. Nyt jo käytössä olevat Helios -dronet (kuva 13) kykenevät lentämään 30 000 m:n korkeudessa, mutta fyysikaalisia esteitä matkan jatkamiseen aina avaruuteen saakka ei ole niin paljoa kuin ihmisiä kuljettaessa. Drooneilla toiminta voidaan toteuttaa kompaktisti ja taloudellisesti verrattuna perinteisiin miehitettyihin aluksiin. Myös parvimenetelmällä tieteen tekeminen saa uusia ulottuvuuksia ylemmissä ilmakehän osissa, kuten suuren mittakaavan radioteleskoopin järjestäminen ja antennien organisoiminen keskenään ilmakehän ulkopuolella, jos käytettävissä on tarkasti kontrolloituja droneja parvissa. Myös säälennot ja tarkat kiertoratalennot tulevat mahdollistamaan uutta ja tarkempaa tieteen tekoa otsonikerroksen seurannassa, ilmanlaadun ja saasteiden kartoituksissa, jäätikkö- ja napavyöhyke- havainnoinnissa, magneettikentän- ja painovoima- tutkimuksissa tai seuraavan sukupolven logistiikkajärjestelmien valvontaan vain muutamia mainitakseni kekseliäs keksii rajattomasti lisää mahdollisuuksia.



KUVA 13. Siviilikäytössä oleva NASA:n Helios UAV (Nonami et.al. 2010 Autonomous Flying Robots, s. 9)

3.2. Energiaratkaisut ja vertailut

Vertailujen suorittaminen toisistaan poikkeavista energiamuodoista, liikennemuodoista ja käyttötarkoituksista on lähtökohtaisesti haastavaa. Ensinnä on löydettävä yhteinen nimittäjä tai tekijä, joka voidaan hyväksyä vertailtavien kohteiden yhteiseksi arvoksi ja tarkastelemme tämän jälkeen muita tekijöitä, jotka vaikuttavat molemmiin puolin tämän yhteisen arvon saavuttamiseksi. Ajattelutapa on vastaava, kuin vertailuissa ja peleissä, joissa finalistit kohtaavat ja mittaavat pareittain toisiaan ja paremmin selvinnyt pääsee jatkoon, toisen lohkon voittajaa vastaan.

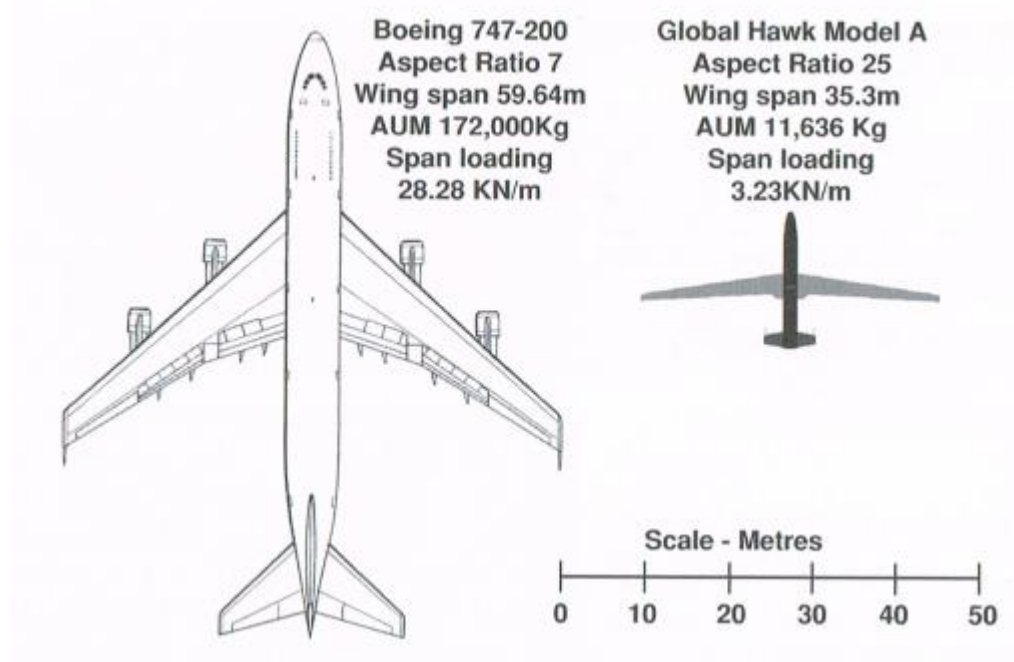
On ollut haastavaa ensinnäkin löytää arvot, joita tavoitella, lisäksi tarvitsemme indikaattorit, jotka kuvaavat valittujen arvojen astetta. Lopulta tarvitsemme muutostekijät, jotka vaikuttavat muutokseen ja sen suuntaan, jotta voidaan kuvata ennustettua tavoitetta, joka kullakin ratkaisulla on saavutettavissa.

Arvoista olemme nähneet suuntaa antavia merkkejä eri valtioiden ja kansainyhteisöjen julistuksissa. Nousevia trendejä on havaittavissa esimerkiksi hiilineutraalisuus sekä vastuulliset ja kestävät energiaratkaisut. Kaikissa näissä kulutusta laskettaessa on heti ensinäkemältä yhteisenä tekijänä kaluston massa ja nimenomaan sen pienentäminen.

Indikaattorit, jotka kuvaavat drone kalustolla erilaisia kulutuslukemia on saatavissa nimenomaan eri suorituksiin ja tavoitteisiin optimoiduilla vertailuilla, joita on suorittanut eri maiden puolustushallinnot. Valitessaan dronea, jolla on maksimaalinen toiminta-aika tai -etäisyys, on luotu taulukoita eri kalustojen suoritusarvoista ja -kyvystä. On kuitenkin muutamia muuttujia, joita ei täysipainoisesti kyetä hyödyntämään siviili-ilmailun saralla, tällaisia ovat esimerkiksi ilman tiheyden muutostaulukot, koska siviili dronet eivät saa operoida tiettyjen korkeuksien yläpuolella, tällöin moottoritekniikan ja aerofysiikan täysi hyödyntäminen rajoittaa optimointia. Myöskään täyttä nopeuskaaviota ei siviilipuolella ole hyödynnettävissä, mutta pääsääntöisesti tämä johtaisikin päästöjen kasvuun. Merkityksellistä on kuitenkin, että eri rakenneratkaisut ja kyvykkyydet on sotilaskäytössä testattu ja kohdennettu käyttötarkoituksiinsa. Lisäksi ilmailutarkoituksiin valmistettujen moottoreiden suoritusarvot on optimoitu tietyille ilmankorkeuksille ja kierroslukualueille, joissa pyritään pysymään pääsääntöisesti saavuttaen optimi, kulutuksen ja tehon suhteen. Suurin säästö ja pisimmät lentomatkat toteutuvat vain kuten ilmailussa on todettu, lentämällä korkealla. Mutta tätä vaihtoehtoa ei siviili drooneille ole näillä näkymin avautumassa, joten päästöjen minimointi on osaksi myös sääntelyllä estetty, nimittäin lentokorkeuden osalta.

Ajatukseltaan vastaavaa pudotusleikkiä toteutetaan kussakin logistiikan kuljetusmuodossa, jolloin paras ja kilpailukykyisin ratkaisu pääsee jatkoon. On kuitenkin hahmotettava, että mitä lähemmäksi logistiikkaketju pääsee toimitusketjun loppupäätä, jakelulogistiikkaa ja lopulta loppuasiakasta, arvot muuttuvat ja palvelulupaus joutuu vastaamaan kysyntään eri tavoin logistiikkaketjun alkupäässä kuin loppupäässä kyetäkseen tyydyttämään asiakkaan toiveet.

Mittasuhte-ero vertailtavilla lentokalustoilla, jossa drone on pienempi kuin miehitetty lentokone, ei tunnu olleen estävä tekijä ja Austinin (2010, s. 47) vertaillessa keskenään Boeing 747-200 ja Global Hawk Model A:ta joka on pitkän matkan HALE tyypin UAV Yhdysvaltojen ilmavoimissa (kuvio 20). Esimerkissä todetaan, että yhteiset lentokoneen suunnitteluun käytettävät kompromissit ja lainalaisuudet pätevät skaalaerosta huolimatta, kun hyötykuormaa ja toimintakykyä odotetaan vertailtavalta kalustolta samassa suhteessa. Austinin mainitsemat lentokoneen suunnittelun merkitykselliset lähtöarvot huomioiden kuten: ilmanvastuksen minimointi, käyttäen viimeisintä rakenteellista teknologiaosaamista mahdollistamaan hyötykuorman ja lentoonlähtöpainon maksimoinnin sekä luotettavan voimalähdevalinnan, joka mahdollistaa oikean suorituskyvyn suhteessa lentokorkeuteen ja operointi aikaan, antaa hyvin vertailukelpoisen lopputuloksen kahdesta hyvin eri mittakaavan lentokalustosta.



KUVIO 20. Vertailu kuvio Boeing 747-200 ja Global Hawk Model A:n mittakaavaerosta (Austin 2010, s.48, Figure 4.2 Comparison of wing aspect ratios.)

Huomioiden että molempien koneiden lentomatka, -korkeus, -nopeus ja -aika vastaavat toisiaan.

Myös vertailtaessa investoinnin hintaa on todettu, että UAV-järjestelmät ovat hyvin kilpailukykyisiä perinteiseen lentokalustoon nähden, mittakaavassa on ymmärrettävästi eroa.

Konseptien keskinäinen ero tulee jo siitä, että ei tarvita henkilöstön vaatimaa tilaa, jonka on arvioitu olevan 1,2 m³ ja näin ollen otsapinta-ala 1,5 m² joka on suoraan ilmanvastuskertoimen osatekijä. Dronessa sama tilan tarve vastaavalle automatiikalle on 0,015 m³ ja vaadittava otsapinta-ala kameroille ja antureille on 0,04 m². Painon suhteen vertailussa on otettu huomioon tuulilasit, ovet, istuimet ym. rakenteet sekä tietysti henkilöstö lentäjä ja suunnistaja, painoa kertyen vähintään 230 kg. Dronessa vastaava kokonaisuus on enintään 10 kg. Lentokoneella on laskettu olevan tyypillisesti mahdollisuus ottaa bruttokuormaa 40 %, josta polttoainetta 10 %, pienkoneessa tämä olisi noin 750 kg, dronella samoin alkutiedoin vastaava kuorma olisi 35 kg. Tämä on käytännössä toteen näytetty kirjoittaa Austin.

Seuraavalla sivulta alkaen on esitetty mukailtu käännös Austinin (Austin 2010, s. 7 – 8) kirjassaan esittelemä taloudellinen vertailu USAF:n valvontakäytössä olevan drone ja lentokone kaluston kesken.

Taloudellinen vertailu UAV vs lentokone

Tyypillisesti UAV:t ovat halvempia investointina (a) ja käyttökustannuksiltaan (b) kuin lentokoneet.

Henkilökunnan kustannuksiin on vaikea ottaa kantaa, koska palkka, vakuutus, eläke ym. kustannukset ovat sopimus ja tapauskohtaisia.

Seuraavassa laskelmassa USAF on vertaillut valvontakäytössä olevia kalustoja keskenään.

(a) Investointi

- UAV on tyypillisesti vain 3 - 4% lentokoneen painosta.
- UAV vaatii tyypillisesti vain 2,5 % lentokoneen moottoritehosta (3 % polttoaineen kulutuksesta).
- UAV on mitoiltaan 25 % (siipi / potkurin jänneväli) lentokoneen mitoista.

Miehitettyjen ilmaalusten rakenteiden ja moottoreiden kustannukset ovat yhteydessä painoon ja tehoon.

Näin on päädytty hankinta kustannuksissa UAV:ssa n. 3 % osuuteen lentokoneen kustannuksista.

Valitettavasti tämä ei ole aivan näin suoraviivaista, vaan toisinaan moottorin ja koneiston osissa painon pienentyessä hinta ei välttämättä aina vähennä valmistuskustannuksia.

Toisaalta vertailltua tehdessä elektroniikan ja tietotekniikan kustannustaso ei ole ollut nykyisellä teknologian ja massatuotannon mahdollistamalla kustannustasolla.

Ja vertailua tehdessä on huomioitu UAV:n hintatasoa korottavaksi tekijäksi vaativampi ja monimutkaisempi, sekä sitä myötä kalliimpi radioviestintäjärjestelmä.

Edellä mainituilla huomioilla on päädytty seuraavanlaiseen arvioon hankintakustannuksista.

- UAV:lla on 20 – 40 % miehitetyn lentokoneen kustannuksista.
- UAV:n-ohjausasema 20–40% miehitetyn lentokoneen kustannuksista.
- UAV + UAV -asema 40–80% miehitetyn lentokoneen kustannuksista.

(b) Käyttökustannukset

- Sijoitetun pääoman korkojen kustannukset UAV:lla 40 - 80 % lentokoneesta.
- Poistojen ollessa 30 - 60 %
- Maa-aseman ja järjestelmätekniikan kustannukset 20 %
(mukaan lukien kyseisen ajan tekniikkavaatimukset maa-ajoneuvoineen ks.kuva 11, joka ei vastaa tämänhetkistä droonien järjestelmätekniikan vaatimuksia)
- Henkilökunnan palkat, korvaukset ja kustannukset 50 % (joka on aina sopimusasia)
- Polttoainekustannukset 5 %
- Ylläpito 20 %
- Vakuutusmaksut 30 %

Lentohenkilöstön ansiotaso on korkeampi ja ura lyhempi maahenkilöstöön nähden, myös koulutus ja terveysvaatimukset ovat vaativammat.

Vertailun tekoaikaan vakuutusmaksuissa on ollut vajaa tietämys riskeistä kolmansille osapuolille ja luotettavuusdatasta kaluston suhteen. Tästä johtuen kustannusten hinnoitteluun on otettu kantaa korkeaan %-osuuteen jo vertailun tekoaikaan aineiston kommentteissa.

Edelliset näkökohdat huomioiden Amerikkalaisten vertailu esitti UAV:n käyttökustannusten jäävän todellisuudessa alhaisemmiksi kuin 40 % lentokoneen vastaavista.

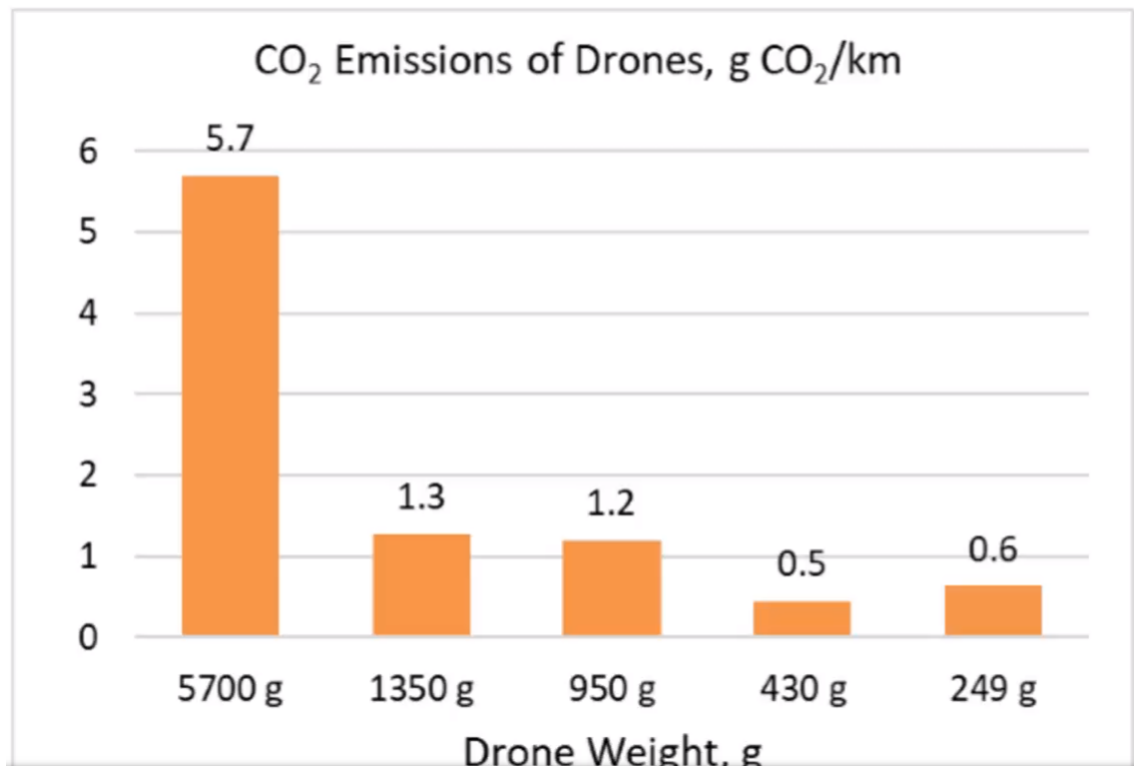
Lähtökohtaisesti pienlentokonetta ja dronea vertailtaessa voidaan todeta, että varustelun painoero on dronessa 3–4 % pienkoneen vastaavasta, samaan suoritukseen vaaditaan 2,5 % moottoritehosta ja 3 % polttoaineesta, sekä 25 % siiven kärkivälistä. Hinnoista on vaikea tehdä arviota koska elektroniikan kehitys ja hinnat muuttuvat nopeaan tahtiin, myös edellä esitetyt varusteiden tilavuus ja paino arviot täten elävät kehityksen mukana, mutta taustalla oleva fysiikka ja matematiikka tuntuu pysyvän yhteisenä tekijänä. Vaarallisesti hinnoista kommentoiden Austin mainitsee USAF:n todenneen valvonta- ja seurantaoperoiden maksavan dronella 3 % miehitetystä vastaavasta suorituksesta, tässäkin tulisi huomioida kehityksen mukanaan tuomat muutokset, mutta oletettavampaa on, että elektroniikka ja kameratekniikka kehitty nopeammin ja parempaan suuntaan kuin ihminen.

Lisäksi on huomioitava kriittisesti sotilaskäytössä saatujen UCAV -laitteiden kustannusten taloudellisia vaikutuksia varsinkin polttoaineen kulutuksen konseptissa. Koska sotilasilmailussa ei ole rajaehtoina ylintä sallittua nopeutta eikä korkeutta, jotka molemmat muuttujat vaikuttavat polttoainetalouteen.

Haluttaessa liikkua maksimaallisen taloudellisesti on pyrittävä optimoimaan liitosuhdetta polttoaineen säästämiseksi ja antamalla siiven tehdä osansa lentämisessä.

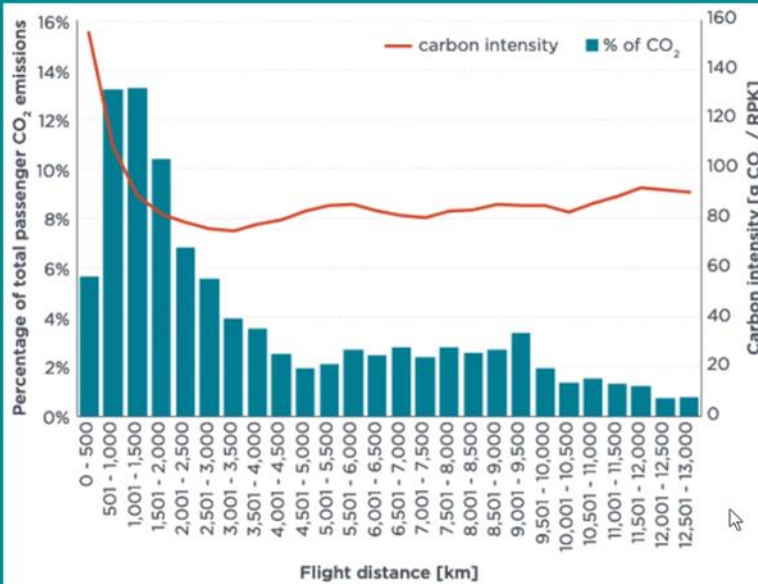
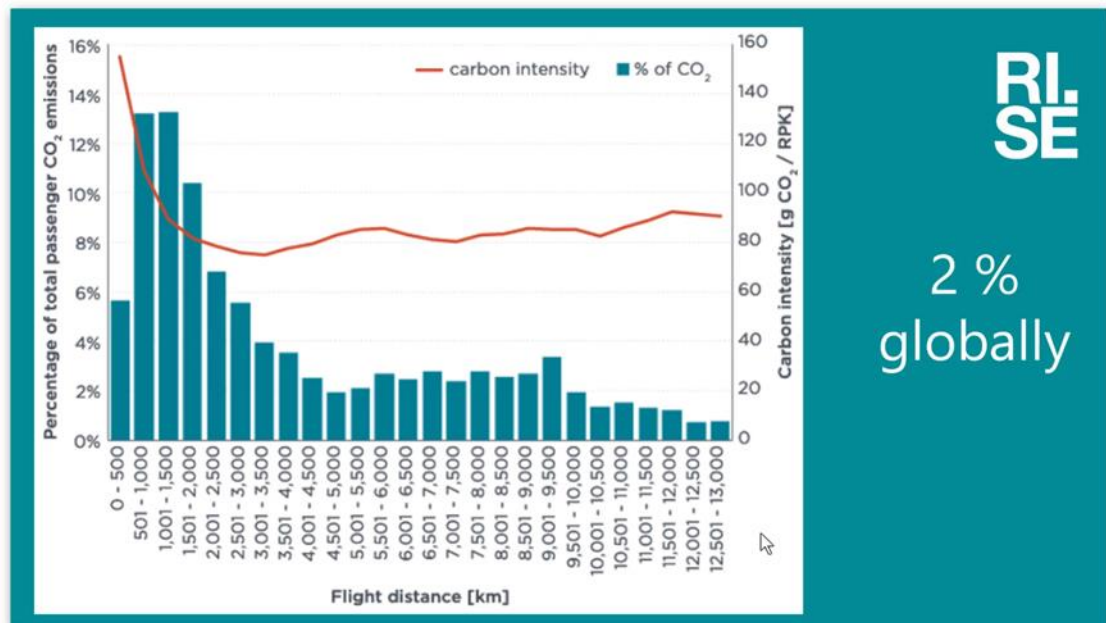
Koska droneja on useita erityyppisiä ja eri tehtäviin soveltuvia on tärkeätä valita oikea kalusto kulloiseenkin tehtävään, tämän harkitseminen on palkitsevaa

pitkällä tähtäimellä taloudellisesti. Monesti on kuitenkin tehtävä kompromisseja eri tavoitteiden toteuttamiseksi, kuten esimerkiksi valinta quadrokopteri VTOL - drone pitkän lennon kuljettavaksi ainoastaan tarpeesta leijua määränpäässä ja luovuttaa rahti tarkasti kohteeseensa. Myös dronen kulutuksessa ja sitä kautta päästöissä on havaittu selkeitä eroja dronen kokoon ja painoon suhteutettuna (kuvio 21). Näyttää siltä, että siirryttäessä yli 1,5 kg rajan yläpuolelle, droonien päästöt kasvavat suhteessa enemmän kuin bruttomassa edellyttäisi.



KUVIO 21. Hiilidioksidi päästöjen kasvu suhteessa dronen painoon (Jukka 2019, XAMK)

Myös lentoliikenteestä on tuttu ilmiö, jossa lyhyen matkan lennot kuormittavat ympäristöä enemmän kuin pitkän matkan lennot (kuvio 22). Tämä on pitkälle selitettävissä matkakorkeus laskennan periaatteella, jossa nousut ja laskut ovat eniten päästöjä tuottavia lennon vaiheita. Pitkän matkan korkealla ja matalassa ilmanpaineessa tapahtuva matkustaminen on taloudellisempaa ja päästöttömämpää. Finnair ilmoitti korona-aikaan vähentäessään Suomen sisäisiä paikallislentoja, että on todettu alle 400 km:n matkojen tapahtuvan nopeammin ja taloudellisemmin rautateitse.



KUVIO 22. Lentomatkan etäisyyden vaikutukset CO₂ päästöihin. (RI.SE)

On myös poliittisia tavoitteita, jotka määrittävät energiavalintoja myös droneissa kuten auton valinnassa. Valintoja tekevien tulee erottaa käsitteet ympäristövaikutukset ja hiilidioksidipäästöt, jotka eivät ole synonyymejä edes tarkoitusperältään. Akkutekniikan voisi olettaa olevan hiilidioksidipäästöttömämpää kuin polttomoottoritekniikan, mitä se ei välttämättä ole, riippuen tavasta millä sähkö on tuotettu. Myös akkuteollisuus, kuten muukin energiateollisuus ansaitsee tarkempaa tarkastelua, jotta voitaisiin julistaa jonkun energiamuodon ympäristövaikutuksia toista pienemmiksi. Varsinkin jos keskustelu siirtyy kestävään tuotantoon, jolloin tulee huomioida myös valmistus ja käytöstä poiston rasitteet.

Tiedämme että eri drone mallit käyttävät erilaisia energialähteitä, mutta on kiinnitettävä huomiota myös kaavoituksen ja ympäristörakentamisen vaikutuksiin, kun suunnittelemme uuden ajan drone -ystävällistä ympäristöä. Ei riitä, että keksitään ratkaisuja, jotka vähentävät esimerkiksi hiilidioksidipäästöjä ja ympäristön päästörasitteita vihreämpään ja kestävämpään suuntaan, vaan tilanteessa, jossa luodaan suuntaviivoja tulevaisuuden yhteiskuntaan ja infrastruktuuriin osattaisiin ottaa huomioon kaikki, jotka tulevaisuudessa tulevat elämään samassa ympäristössä ja maailmassa.

Vertailtaessa logistiikan päästöjä ilmaliikenne vastaan muu perinteinen logistiikka, herää melko nopeasti kyseeseen millä arvoilla ja näkökulmasta asiaa tulisi tulkita. Perinteinen logistiikka nojaa suureen volyymiin ja sen mukaisen kaluston kapasiteetin mahdollisimman hyvään täyttöasteeseen, saavuttaakseen maksimaalisen voiton per kuljetus, käyttäen perusteena tehokkuutta ja taloudellisuutta. Täyttöaste (2018b) on logistiikassa eri termi kuin tuotantotekniikan ja -talouden käyttöaste, jonka voitaisiin kuvata nousevan ajamalla rahtikalustolla vajaalla täyttöasteella useampia jakelukierroksia. Täyttöasteella on myös merkittävä osa kuljetusten energiatehokkuuden optimoinnissa (Valtioneuvoston, Suomen meriliikennestrategia 2014–2022), jolloin merkityksellistä on myös kaluston koko (kapasiteetti), nopeus, moottoritekniologia ja käytettävissä oleva energiamuoto. Merenkäynnissä varsinkin on ollut tavoitteellista saavuttaa mahdollisimman suuri täyttöaste ennen kuljetuksen toteuttamista. Laivojen rahtikapasiteetin kasvettua lähelle 20.000 TEU:ta on suunta ollut aina vain suurempaan volyymiin ja sen suoman kapasiteetin korkeaan täyttöasteeseen. Ilma-liikenteen logistiikka ei pohjautu samaan näkökulmaan logistiikan tuottavuuden maksimoinnista, vaan tarjoaa ennemminkin ratkaisun nopeuden tarpeeseen tai dronein toimittaessa pääsyn vaikeiden yhteyksien taakse, häiriöttömästi ja toki myös nopeasti. Kulutuksen ja siitä seuraavan päästöjen kokonaisvaikutus kumoutuu pienellä volyymilla, joka ei drone logistiikassa ole merkittävä verrattuna perinteisen logistiikan kalustoratkaisuihin. Näitä eri arvoilla toimivia systeemejä on vaikea tällöin keskenään arvottaa ja vertailla. Oikeastaan ainoa ratkaisu ja lopulta ainoa oikea ratkaisu, on jättää päätös näkökulmasta ja arvottamisesta asiakkaalle. Esittelen taulukon, jossa on vertailtu eri logistiikan välineistöä ja hiilidioksidipäästöjä kilometriä kohden (kuviot 23). Autokaluston massoja tai tilavuuksia ei ole mainittu, mutta oletettavasti diesel käyttöiset ajoneuvot ovat raskaampia kuin bensiinikäyttöiset. Kuitenkin toimintaperiaatteen ja ansaintalogiikan pohjautuessa suureen kapasiteettiin ja hyvään täyttöasteeseen on varsinkin jakelulogiikan haarojen päissä välttämättä osaksi myös vajaana ajoa.

Vehicle	Weight, g	g CO₂/km
1 Car, diesel		237
2 ATV		152
3 Mid. class drone (700 mm)	5700	5.7
4 Compact class drone (330 mm)	1350	1.3
5 Compact class drone (250 mm)	950	1.2
6 Compact class drone (350 mm)	430	0.5
7 Mini class drone (150 mm)	249	0.6

The values used for calculation of CO₂ emissions per kilometer from fossil diesel was 2660 g CO₂/l and 2335 g CO₂/l for fossil petrol [1]. The CO₂ emission of electricity consumption was calculated as 158 kg CO₂/MWh (5-year average of Finnish electricity production, Motiva [2]).

KUVIO 23. Eri logistiikan kuljetusmuotojen hiilidioksidipäästöt kilometriä kohden (Jukka, 2019, XAMK)

4 ILMAILUN LAIT JA SÄÄNTELY

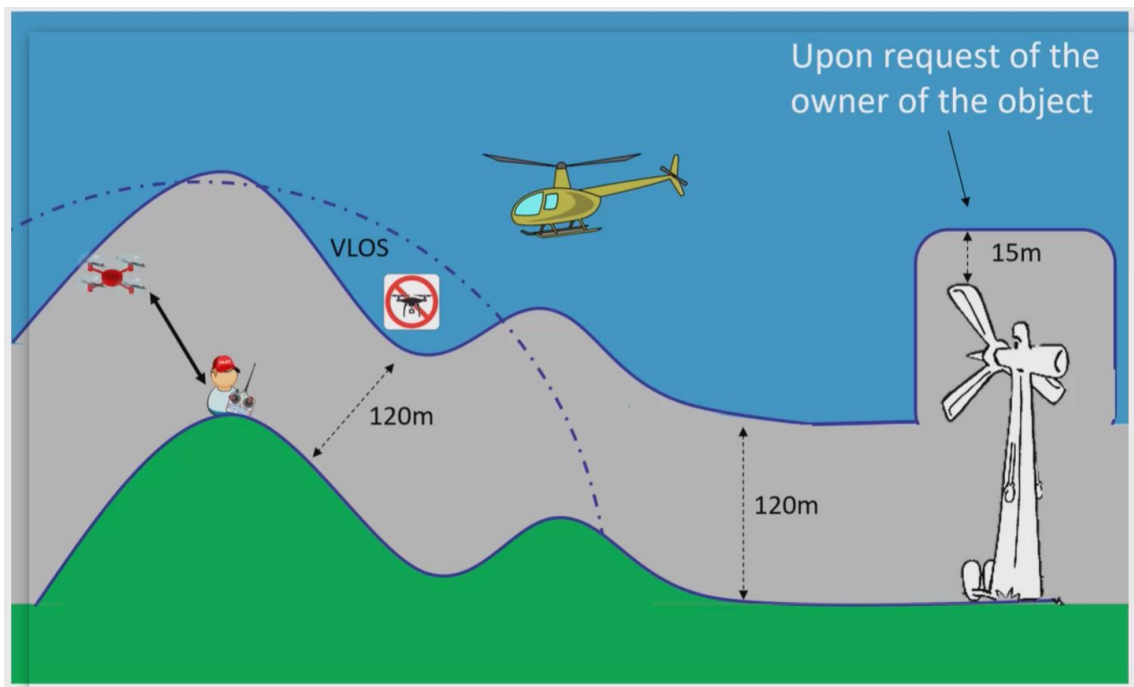
Ilmateitse toimitettavien kuljetusten lainsäädäntä on moninainen ja koskien montaa eri lainsäädännön aluetta kansallisesti sekä kansainvälisesti.

4.1. Yleiset säädökset dronetoiminnalle

Drone toiminnan kansallinen Trafin määräys OPS M1-32, sekä EU-komission täytäntöönpanoasetus (EU) N:o 923/2012 yhteisistä lentosäännöistä (SERA) määrittävät toistaiseksi Suomessa käytettävän ohjeistuksen kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin lennättämiselle. Yleisesti sanoen lennot eivät saa aiheuttaa vaaraa tai häiritä muita ihmisiä. Kauko-ohjattua ilma-alusta koskee niin sanottu ankara vastuu, joka määräytyy ilmailulain (864/2014) 136 §:n perusteella. Tähän on kevään 2020 aikana tulossa eräitä muutoksia, kuten väistämisvastuun poistuminen UA -drooneilla EU-direktiivin myötä, onkin ymmärrettävää koska liikehtimisnopeus huomioiden drooneilla on usein vähäisempi mahdollisuus välttää törmäyksiä, aikaisemmin droonit olivat vastuussa muiden lentokoneiden välttämisestä. Lennokkien tapauksessa vastuu määräytyy vahingonkorvauslain (412/1974) perusteella. Täten on tärkeä huomata, että merkitset drooniin nimesi ja yhteystietosi. Vaikka ilmaliikenteessä ei ole tieliikenteestä tuttua liikennevakuutusta, on suositeltavaa, että otetaan vakuutukset kolmansien osapuolten vahinkojen kattamiseksi. Lennettäessä RPAS-lentotyötä tai ammattimaisesti on vastuuvakuutus puolestaan jo oltava. Ilmaliikenteessä vahingot saattavat kasvaa mittaviksi ja tapahtua ennalta arvaamatta.

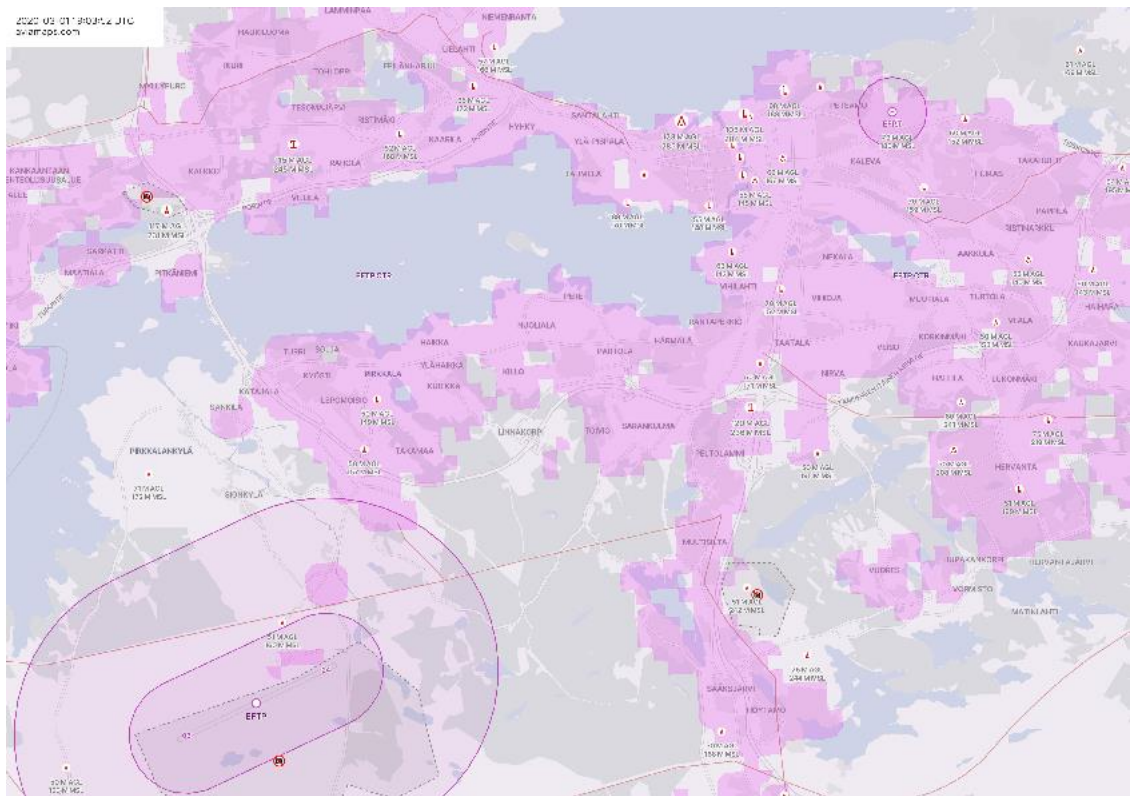
Miehittämätöntä ilma-alusta lennätettäessä tulee huomioida, että lennättäjän on aina pidettävä (VLOS) lennon aikana visuaalinen yhteys drooniin. Muita droonin lennättämisen kontaktitasoja ovat (BVLOS) jolloin suoran näköyhteyden ulkopuolella lennettäessä tarvitaan erityinen lupa ilmailuviranomaisilta. On mahdollista myös lentää (EVLOS) lentoa, jossa suora näköyhteys ilma-alukseen tapahtuu käyttäen kauko-ohjaustähystäjää. EVLOS -lennossa kauko-ohjaajalla ja kauko-ohjaustähystäjällä on oltava luotettava viestintäväline yhteydenpitoon, mikäli suora puheyhteys ei ole mahdollinen.

Lentämisen sijainnin suhteen on huomioitava, että lentäminen lähempänä kuin 1 km lentokentän kiitotieltä ei ole sallittua ilman lennonjohtotornin lupaa. 1–3 km:n etäisyydellä lentäminen lentokentän kiitotieltä on sallittu vain ympäröivien esteiden korkeuteen saakka. Yleensä rakennusten ja esteiden välittömässä läheisyydessä voi lentää <math><15\text{ m}</math> yli esteen, esteen omistajan luvalla (kuvio 24). Suurin sallittu lentokorkeus on 150 m, mutta käytännössä 120 m on yläraja koska 150 m:stä alkaa yleinen lentoalue. Lentokentän valvontavyöhykkeellä, mutta vielä kauempana kuin 3 km lentokentän kiitotieltä, suurin sallittu lentokorkeus on 50 m, kiitotien suuntaan ILS -lähestymistutkan vaikutusalueella. Dronen lentäminen väkijoukon yläpuolella ei ole sallittua. Mutta satunnaisien ihmisten ylittämisen välttely on käytännössä mahdotonta, joten kyseeseen tulee tapahtumat ja kokoontumiset, joissa ihmisiä voidaan kutsua olevan paikalla väkijoukkona. Pienin turvallinen etäisyys on 50 m väkijoukosta.



KUVIO 24. Lentokorkeudet visuaalisessa lennossa. (Trafi. Droneinfo)

Lennolla ei saa vaarantaa tai häiritä viranomaisen ja pelastuspalvelun kuten helikopterin toimintaa. Helikopterin tai näiden laskeutumisalustojen, kuten sairaaloiden ja vastaavien läheisyyteen alle 600 metrin säteelle ei saa lentää. Yleensä lentäminen kaupunkien yläpuolella on sallittua, jos lentäjä tuntee lentämisalueen, on varmistanut, että sinne on mahdollista lentää turvallisesti ja droni painaa alle 3 kg. Aviamaps (dronekartta) (kuvio 25) näyttää taajama-alueet, merkittävät maastokohteet ja suoja-alueet on mainittu, se myös näyttää tiheästi asutut taajama-alueet (>800 ihmistä/km²) joissa lentämistä tulisi välttää.



KUVIO 25. Tampereen seudun dronekartta (Aviamaps, dronekartta)

Lentämisessä lainsäädännöllisesti on eroteltu vielä toistaiseksi ammatillinen RPAS-toiminta. ”Lentotyöllä tarkoitetaan kaikkea muuta toimintaa kuin harrastetai urheilutoimintaa. Esimerkiksi opetuskäytössä RPAS lentäminen on lentotyötä, vaikka toiminnasta ei perittäisi maksua” mainitaan Trafín droneinfo.fi sivustolla vielä 19.5.2020. RPAS -luvan hakemiseen riittää toimija ilmoituksen tekeminen ja ajan tasalla pitäminen, sekä vakuutusasetuksen (EY) 785/2004 mukainen vastuuvakuutus kolmansien osapuolten vahinkoja vastaan. Määräyksen OPS M1-32 mukaan RPAS -lupaa haettaessa tai jos lennätystä suunnitellaan lentoaseman valvottuun ilmatilaan tai muuhun

lentotiedotusvyöhykkeelle lentoaseman lähialueelle (< 1 km etäisyys tai korkeusrajat ylittävä lennätys) on otettava yhteys etukäteen lennonjohtoon tai lentotiedotuselimeen. Usein kyseiset alueet ulottuvat kiitotien suuntaisesti noin 20 km ja sivusuuntaisesti 13 km kentän ympärille.

4.2. Kansainväliset säännöt ja normit

Kattavimpana kansainvälisesti ajatellen olevaa säännöstöä, jonka pohjalta ilmailiikenne asetuksia tarkastellaan, voidaan pitää Kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimuksen (Chicago 1944) sisältöä. Lisäksi Suomen ilmailulaki 864/2014 on ratifioinut muita EU:n ja kansainvälisiä normeja, säädöksiä ja sopimuksia, jotka määrittävät myös Suomen alueella ilmailussa käytettäviä ilma-aluksia kuten drooneja, näitä ovat:

- 1) Chicagon yleissopimus, kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimus (SopS 11/1949)
- 2) ECAC Euroopan siviili-ilmailukonferenssin päätöksiä
- 3) Eurocontrolin lennonvarmistusalan yhteistyöstä tehtyä kansainvälistä yleissopimusta (Eurocontrol) (SopS 70/2000) tarkoitettua Euroopan lennonvarmistusjärjestöä;
- 4) EASA-asetusta yhteisistä siviili-ilmailua koskevista säännöistä ja Euroopan lentoturvallisuusviraston perustamisesta sekä neuvoston direktiivin 91/670/ETY, asetuksen (EY) N:o 1592/2002 ja direktiivin 2004/36/EY kumoamisesta annettua Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusta (EY) N:o 216/2008;
- 5) slot-asetusta lähtö- ja saapumisaikojen jakamista yhteisön lentoasemilla koskevista yhteisistä säännöistä annetun neuvoston asetuksen (ETY) N:o 95/93 muuttamisesta annettua Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusta (EY) N:o 545/2009;
- 6) ilmatilan joustavaa käyttöä koskevista yhteisistä säännöistä annetussa komission asetusta (EY) N:o 2150/2005 (FUA-asetus), joka vastaa yhden tai useamman jäsenvaltion vastuulla olevan ilmatilan päivittäisestä hallinnasta.

Lisäksi, tulee huomioida, että jos droonin toimintamassa ylittää 150 kg, siihen sovelletaan Euroopan unionin asetusta (EY) N:o 216/2008 ja sen nojalla annettuja toimeenpanosäädöksiä. Tällä hetkellä (1.7.2020 asti) tämä tarkoittaa, että droonin tulisi olla muun muassa Euroopan lentoturvallisuusviraston (EASA) tyyppihyväksymä.

Droonien käytöstä ei vielä ole yhteiseurooppalaisia sääntöjä, mutta Euroopan unionissa valmistellaan kauko-ohjattujen ilma-aluksien käyttöä koskevia sääntöjä sekä muutoksia yhteisiin eurooppalaisiin lentosääntöihin (Standardised European Rules of the Air, SERA).

On kuitenkin oletettavaa, että suurelta osin nämäkin säädökset tullaan muuttamaan uuden EU 2018/1139 asetuksen myötä 1.7.2020. Uusi EU-direktiivi tulee olemaan pohjaa myös laajemmalle ilmailu säännösten päivittämis- sekä ajantasaistamis- ja yhtenäistämisprosessia.

4.3. Uudet heinäkuussa 2020 käyttöön otettavat direktiivit

1.7.2020 otetaan käyttöön uudet EU-standardit, jotka ohjaavat UAS toimintaa ja drooneja, tämä asetusta (EU) 2018/1139 joka korvaa tulevaisuudessa kansalliset jäsenvaltioiden omat standardit. Seuraavassa esiteltävä uuden standardin kokonaisuus on kirjoitushetkellä vielä julkistamaton ja tämän takia jotkin kohdat saattavat vielä hakea lopullisessa asetuksessa muotoaan. Avataan kuitenkin asetuksen sisältöä tiedossa olevin ja oletettavin tiedoin, joita on julkistettu kansainvälisten asiantuntijoiden vahvistamina ja esittelemänä Tampereella Nordic Drone Event 2020 seminaarissa 27.1 – 28.1.2020.

Kyseinen asetusta (EU) 2018/1139 koostuu kahdesta eri asetuksesta. Delekointiasetukselta (EU) 2019/945 jolla valmistellaan ja määritellään vaatimukset, joita noudatetaan siirtymävaiheessa sen voimaan tullessa 1.7.2019, sekä asetusta (EU) 2019/947 joka ohjaa droonien toiminnan EU-alueella alkaen 1.7.2020 (droneinfo.fi).

Uusi direktiivi muuttaa esimerkiksi suhtautumista lentotoiminnan ammattimaisuuteen, joka tuli aikaisemmin ilmi ilmailulain 864/2014,159§:ssä ja ENAC:n jaottelussa, jossa oli eroteltu droonien lennättämisen virkistystoiminta ja ammattikäyttö. Uudessa (EU) 2019/945 asetuksessa määritetään kolme eri drooniryhmää:

- 1) Avoimet, jotka ovat pakollisia varustaa CE-merkinnällä. Näiden toimintaan liittyy vähäinen riski. Luokkaan avoimet kuuluu kolme alaluokkaa (A1, A2 ja A3), lisäksi luokka on jaettu kuuteen (5+1) ilma-alusluokkaan (C0, C1, C2, C3, C4 ja itse rakennetut ilma-alukset).
- 2) Erityiset, ovat drooneja joiden riski on keskitasoa ja joille tarvitsee tehdä riskiarviointi. Näille laitteille ei tarvita CE-merkintää.
- 3) Sertifioidut, ovat drooneja jotka ovat lähtökohtaisesti riskialttiita erityisoperaatioissa käytettäviä ilma-aluksia esimerkiksi sotilasilmailussa. Luonnollisesti nämäkään eivät tarvitse CE-merkintää.

UAS-kategoria	UAS-ilma-alus luokka	Paino / joulea	Ihmisten yli lentäminen		Suurin korkeus	koulutus	Reaaliaikainen data	CE-merkintä
			Satunnaisten henkilöiden yllä	väkijoukko				
A1	Itse rakennettu	<250 g	Joo	Ei (turvaetäisyys)	<50 m	Ei	Ei	N / A
	C0	<900 g						
A2	C1	<80 J	Ei (turvaetäisyys)	Ei (turvaetäisyys)	<120 m	Joo	Joo	Joo
	C2	<4 kg						
A3	C3	<25 kg	Ei (turvaetäisyys)	Ei (turvaetäisyys)	<120 m	Joo	Joo	N / A
	C4							
	Itse rakennettu							N / A

KUVIO 26. (EU) 2019/947:n mukainen jaottelu taulukkona.

Laitteiden luokittelu eli UAS-ilma-alus luokka on jaoteltu viiteen tasoon, sekä lisäksi itse rakennettuihin drooneihin. Vielä julkistamattomien tietojen pohjalta luokittelu tulee tapahtumaan oletettavasti seuraavien tietojen pohjalta, mutta painotusjakaumaa eri ominaisuuksien tai suureiden kesken ei ole tiedossa:

- paino
- nopeus
- sarjanumerointi
- jänniteraja
- käyttö manuaali

- kaukotunniste
- Geo -aita
- valaistus
- kauko-ohjain

Myös on odotettavissa, että vuonna 2022 tulee kaikkien laitteiden olla CE-merkittyjä, tämä merkitsisi oletettavasti itse rakennettujen laitteiden poistumista ja jatkossa pitäytymistä julkistetussa ”viidessä tasossa”.

Taulukossa esitetty UAS-kategoria kuvastaa paremminkin lennättäjän pätevyys luokittelua, vaatimuksista toistaiseksi luovutettu tieto on kuviossa 26.

Kevyimmillä alle 250 g:n drooneilla ei tarvita lupia. Alle 25 kg:n droonien luvat on jaettu kolmeen luokkaan, joista kaksi on koe perustaisia (kuvio 27)

- A1, < 900 g, vain satunnaisesti ihmisten yllä
 - A2, < 4 kg, turvaetäisyyksin ihmisten yllä
 - A3, < 25 kg, harvaan asutuilla lentoalueilla
- A1, A2 ja A3 on lennettävä < 120 m ja näköetäisyydellä
- Yli 25 kg:n UAV:t lentolupakirjalla > 150 m

Tämä tulee olemaan toisin kuin aiemmassa OPS M1-32 -määräyksessä, jossa toimilupavaatimusta ei sisälly kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin lennättämiseen.

Remote pilot competency requirements

Open category has two different levels of remote pilot competency:

- > All pilots using heavier drones than 250g are required to complete an **online theoretical test**
- > Operations in subcategory **A2** requires completion of an **additional theoretical test**

Open category limitations for subcategories		
A1	A2	A3
No flying above crowds, but occasional people temporarily.	Flying in densely populated areas allowed at a safe distance from people.	Flights in sparsely populated areas far from aerodromes.
Drone maximum take-off mass 900 g	Drone maximum take-off mass 4 kg	Drone maximum take-off mass 25 kg

TRAFICOM 27 January, 2020 7

KUVIO 27. Heinäkuussa 2020 voimaan tulevat dronen lennättäjän pätevyysvaatimukset. (Traficom 27.1.2020)

4.4. Hankkeita tulevaisuuden ilmailun muutokseen

SESAR -hanke

Vuonna 2007 perustetun SESAR -hankkeen tavoitteena on yhtenäistää ja kehittää eurooppalaista ilmaliikenteen hallintaa ja mahdollistaa Euroopan älykkään lentoliikennejärjestelmän rakentaminen. SESAR koordinoi tiedon kulkua ja tutkimusta ilmaliikenteen toimijoille EU:n jäsenvaltioille, lentokenttäoperaatioille, verkkotoiminnoille, lentoliikennepalveluille ja teknologian mahdollistajille, jotta kaikilla olisi yhteinen fokus eurooppalaisen ilmaliikenteen hallinnan yleissuunnitelman ohjaamana ja ponnistelisivat yhteisen tavoitteen hallitsemiseksi. SESAR -yhteisyrittäjä (SJU) on kanava, joka määrittää, kehittää ja validoi teknisiä- ja toiminnallisia ratkaisuja Euroopan ilmaliikenteen hallinnon kehittämiseksi prosessinomaisesti. SESAR -käyttöönottokehityksen asetus ((EU) 409/2013) käynnisti prosessin, jonka tavoitteena on varmistaa ilmailun tärkeiden toimintojen oikea-aikaisuus sekä synkronoitu käyttöönotto koko Euroopan ATM-verkossa. ATM-verkon integroitua kaikkien eurooppalaisten lentokenttien ja ilmaliikenteen tasolle saavutetaan kansainvälinen standardi ja mahdollisuus optimoida ilmatilan käyttäjien

toimintaa mukaan lukien tulevaisuuden uudet liikenneratkaisut ja turvallisuusnäkökulmat (RPAS). On odotettavissa suuria muutoksia ilmaliikenteen moninaistumisessa uusien miehittämättömien ratkaisujen sekä perinteisten vanhaksi jäävien käytäntöjen uusimisessa, jotta saataisiin luotua tulevaisuus, joka vastaisi parhaiten yhteistä tulevaisuutta. SESAR antaa myös kanavan vaikuttaa ilmaliikenteen kestäväen kehityksen ja päästöjen hallinnan tutkimukseen. SESAR -hankkeen kesto on ilmoitettu jatkuvan vuoteen 2035.

JARUS -työryhmä

Vuonna 2015 perustettu kansainvälinen JARUS-työryhmä (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems) on vastaava hanke kuin eurooppalainen SESAR, joka suunnittelee tulevaa UA ilma-aluksia koskevaa kansainvälistä säännöstöä ja luo yhteisen sidosryhmien kuulemiselimen (SCB). Tällä hetkellä toiminnassa on mukana 61 maata mukaan lukien Euroopan lentoturvallisuusvirasto (EASA) jonka vastaavaa toimintaa Euroopassa organisoii SESAR. Suomi osallistuu aktiivisesti myös tähän kansainväliseen kehitystyöhön.

5 LOGISTIIKKAJÄRJESTELMÄ

5.1. Määritelmä

Logistiikkaa on käytetty ja harjoitettu kautta-aikain sodankäynnin ja armeijan liikumisen kuvaamiseen, mutta Yhdysvalloissa sitä alettiin käyttää liikkeenjohdon terminä vasta 1950-luvulla. Logistiikka on määritelty eri yhteyksissä monin eri tavoin ja on vaara, että puhuttaessa logistiikasta tai logistiikkajärjestelmistä useamman tahon kesken, ettei ymmärrys asiakokonaisuudesta ole sama. Yleisesti määriteltynä Harrison et al. (2014, s. 8-9) mukaan logistiikka on tavara- ja tietovirtojen hallintaa, joka kuvaa kuljetusketjun, vaihdannan ja toimitustietojen tärkeyttä. Harrisonin määritelmän mukaan voidaan kuvata logistiikkaverkoston ja toimitusten vaatiman tietovirran rakenteen sekä logistiikkaverkoston hallinnan, mutta ei yhteyksiä logistiikan käyttötärpeeseen ja toimintaan eri asiayhteyksissä. Tuotantotalouden mukanaan tuoman näkökulman arvontuottamisesta ja tuottavuudesta, jotka saadaan aikaan huomioimalla myös rahavirtojen siirtely, täten mahdollistetaan transaktiot ja kaupankäynti. Transaktio mahdollistaa tuotteen toimituksen, jossa omistusoikeudet siirtyvät ja vastuut vaihtuvat. Tämä yksinkertaistettuna, mutta käytännössä logistiikkajärjestelmä on monin osin monimutkaisempi koska transaktioon liittyen mukaan on huomioitava vakuutusinstrumentit, jotka mahdollistavat vaihdannan ajantasaisuuden probleeman synkronisuuden tuotteen kuljettamiseen ja omistukseen. Tämä edellyttää vuorostaan lainsäädäntöä ja normittamista vaihdannan sopimuskustannuksista ja mahdollisten ristiriitojen sovittelukustannuksista. Tuotteen omistusoikeuksien siirron ketju voi kuitenkin poiketa merkittävästikin tuotteen logistisesta ketjusta.

Nykyaikana logistiikkaan kuuluu vahvasti tuotteen varastointi, hankinta, välikäsitteily sekä palvelujen suunnittelu, että toteutus. Logistiikka on alkanut sisäistämään uusia arvoja kuten asiakasvaatimukset, yhteiskuntavastuu, sekä ekologiset- ja eettiset-arvot. Logistiikkaa tuleekin käsitellä sarjana erilaisia toimintoja ja prosesseja eikä yksiselitteisenä terminä tapahtumasta. Tiivistetysti Logistiikan Maailma (2020a) kuvaa määritelmää ”Logistiikka on tuotteen tai

palvelun ja siihen liittyvän tiedon ja rahan hallintaa organisaatiossa asiakastarpeiden tyydyttämiseksi”.

Kattavimmillaan logistiikan on määritellyt Karrus (2001, s.13) ”Logistiikka on ma-teriaali-, tieto- ja pääomavirtojen, hankinnan, tuotannon, jakelun ja kierrätyksen, huolto- ja tukipalvelujen, varastointi-, kuljetus- ja muiden lisäarvopalvelujen sekä asiakaspalvelun ja -suhteiden kokonaisvaltaista johtamista ja kehittämistä”.

Usein kuitenkin tavataan vielä määritelmää, jonka mukaan logistiikan päätavoitteena on tavaroiden, tiedon ja rahan kuljettaminen oikeaan aikaan, oikeaan paikkaan ja mahdollisimman edullisesti. Tämä on kuitenkin nykypäivänä vanhentunut määritelmä koska eri toimialat ovat tuottavuus tavoitteissaan entistä enemmän sidoksissa ristsidonnaisuuksiin toisten toimialojen kanssa. Näin ollen erilaiset toimitus- ja tuotantoketjut ovat hämärtäneet tuottavuusajattelun toimialarajoja ja voitto pyritään aikaansaamaan jostain muusta oheispalvelusta kuin perinteisen määritelmän logistisesta suoritteesta. Tällöin myös perinteinen määritelmä logistiikka, joka on siis tavara-, tieto- ja rahavirtojen optimointia, tarvitsee uudelleen tarkastelua.

Järjestelmän määritelmä auttaa ymmärtämään kokonaisuutta, joka käsitetään logistiikkajärjestelmänä. Järjestelmällä eli systeemillä tarkoitetaan toisiinsa kytkettyjä toiminnallisia asioita tai osia, joista muodostuu kokonaisuus. On siis huomattava, että näin määriteltyyn järjestelmään lisättäessä mikä tahansa ominaisuus tai toiminnallisuus on edelleen kyseessä järjestelmä ja kokonaisuus, herää kysymys onko jotain järjestelmästä poistettaessa enää kyseessä kokonaisuus? Tähän kysymykseen verhoutuu paradoksi, johon on vaikea vastata ja niin myös käsitteeseen logistiikkajärjestelmä. Jos uudessa ratkaisussa toimija jättääkin osaltaan hoitamatta varastoinnin tai rahaliikenteen käsittelyn niin puhutaanko edelleen logistisesta järjestelmästä? Kysymys on erittäin merkittävä ja tulee esiin uudelleen osiossa 4.2.2 Logistisen areenan tunnusluvut ja näkymät. Laajassa määritelmän kuvassa saadaan ymmärtää logistiikkajärjestelmän olevan järjestelmä, joka kattaa koko globaalin kartaston ja kaikki toimialat. Tämän työn ohessa logistiikkajärjestelmällä tarkoitetaan opinnäytetyön raameissa käsiteltävän dronein toimitettavan logistiikan järjestelmää siitä erikseen poikkeustapauksena mainitsematta. Ymmärrettävästi

tämä tuottaa ongelmia vertailu tapauksissa perinteiseen logistiikkajärjestelmään, jossa mittasuhteet ovat isompia.

5.1.1 Infrastrukturi

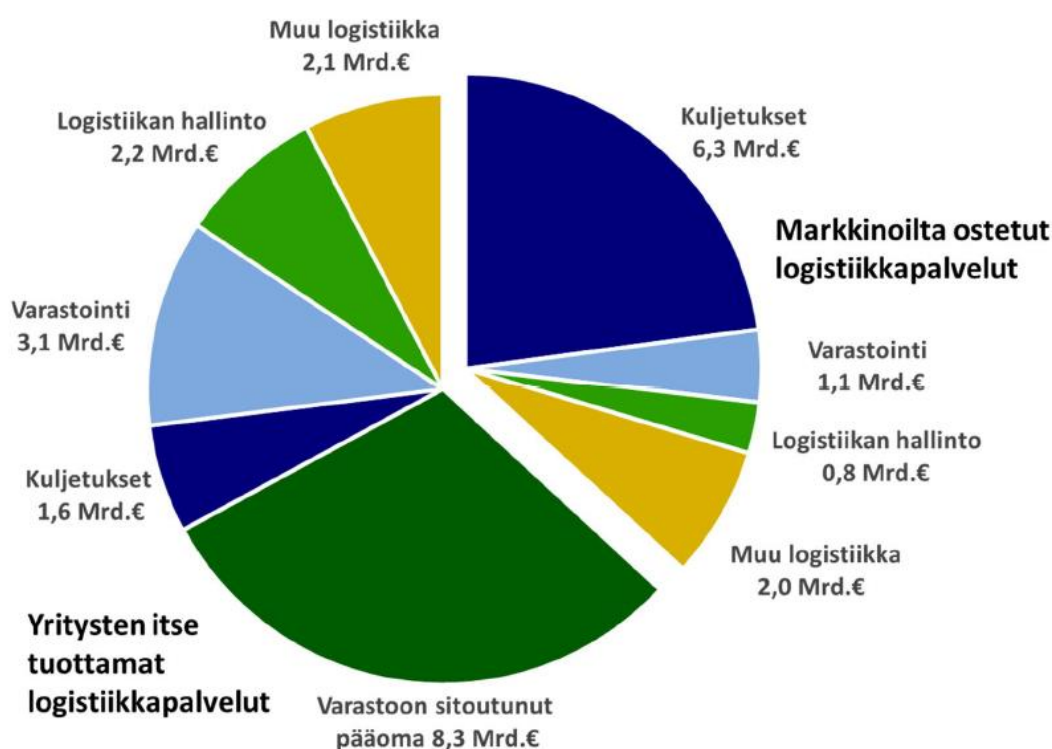
Vaikka näennäisesti ilmaitse tapahtuvat tavarantoimitukset liikkuvan varsin esteittä on asia hyvin erilainen, kun otetaan huomioon säädökset, jotka ohjaavat yhteiskunnan ja varsinkin taajamien rakentamista ja käyttötarkoitusta, oikeutta käyttää alueiden ilmatilaa ja liikennöidä siinä. Tässä opinnäytteessä infrastruktuurilla tarkoitetaan yhteiskunnan toiminnalle välttämättömien palveluiden kuten liikenneväylien, maankäytön ja kaavoituksen säännöissä ilmeneviä rajoituksia, jolloin tullaan huomioiduksi olemassa olevan rakennuskannan ja eri verkostorakentamisen rasitteet ilmaliikenteelle. Nykyaikaisissa droneissa on kehittyneitä ominaisuuksia, jotka helpottavat esimerkiksi ilmatilan valvonnan rajoituksia niin sanotuilla geo-aidoilla, jotka ovat virtuaalisesti asetettuja GPS-koordinaatein rajattuja alueita jonne dronella ei kykene lentämään vahingossa. Viranomaiset kykenevät asettamaan nämä geo-aidat käyttöön ja pois tarpeen mukaan.

5.2. Olemassa oleva logistinen markkinatilanne, areena

Suomessa operoivista logistiikkatoimijoista suurimmat ovat kansainvälisiä yrityksiä, jotka määrittävät pitkälti logistiikan toiminta periaatteet myös Suomen sisällä. Kansainväliset isot logistiikkapalveluiden tuottajat kuten DHL, UPS ja Schenker ovat yhtiöitä, joiden kehityssuunnasta päätetään muualla Euroopassa.

Suomen vuonna 2017 laskettu teollisuuden- ja kaupanalojen ostaman logistiikkapalveluiden yhteisarvo oli noin 10 mrd € (Solakivi. Logistiikkaselvitys 2018, s. 17). Tässä ei ole mukana julkisen sektorin logistiikkapalvelut (valtio, kunnat ja muut julkisoikeudelliset tahot) joiden aineisto ei ole saatavilla. Yritykset myös itse tuottavat logistiikkapalveluja ulkoa ostamiensa lisäksi noin 17 mrd €:lla. Huomattavaa näissä molemmissa on varastoinnin

osuus, yritysten itsetuottaman logistiikan osalta varastointiin on sitoutunut jopa 8,3 mrd € ja ostetusta logistiikastakin 1,1 mrd € (kuvio 28). Tämä on osaksi seurausta toimitusketjujen alkupään suuresta toimituskapasiteetista sekä loppupään läpivirtauksen hitaudesta, jolloin tavaravirtojen logistisen toteutusperiaatteen vaihtumis- ja murroskohtaan muodostuu varastointia, jolla ei ole minkäänlaista tuottavaa aspektia, vain lisäkustannuksia. Alkuvirran toimitusten maahantuonti ja suurten toimijoiden kapasiteetti suosivat suuria volyymeja ja tämä ilmenee hintojen eräkustannuksissa edullisuutena. Loppuvirran markkinointi ja logistiikka ei käytännössä voi toteuttaa samaa logiikkaa, vaan joutuu toimittamaan pienempiä eriä useammin ja nopeammin välttääkseen pullonkaula -efektin syntymisen. Tilannetta voidaan osin helpottaa tuotannon ohjauksen Lean- ja JIT-menetelmin, sekä erilaisten ERP- ja APS-järjestelmien optimoinnilla, mutta nämä eivät korjaa ongelmaa, joka on kuitenkin logistiikan ansaintalogiikan ideologinen ero toimitusketjun eri päissä, volyymi vastaan ketteryys. Jos tuotteen varastoimisella ei ole arvoa tuottavaa tarkoitusta, on siitä pyrittävä eroon.

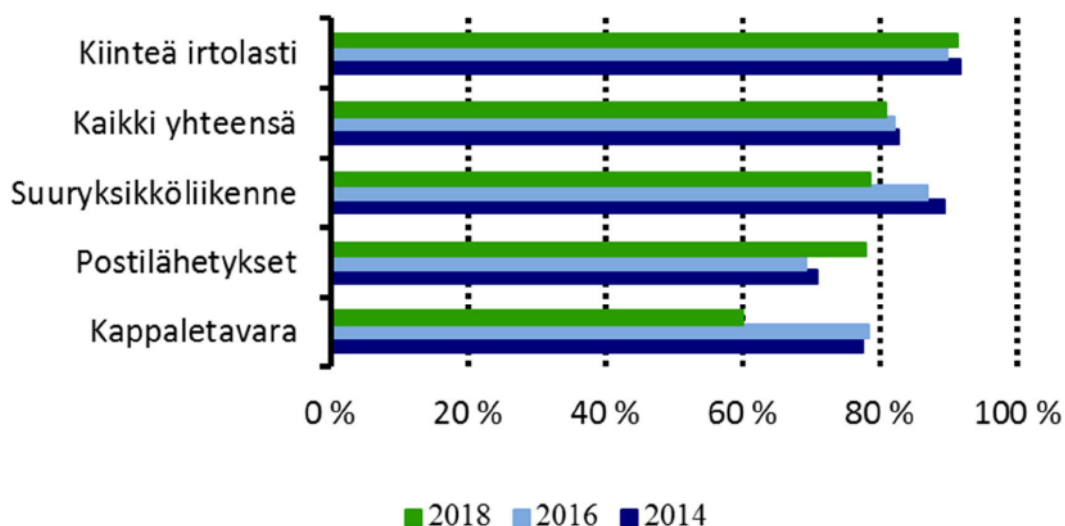


KUVIO 28. Yritysten markkinoilta ostamat ja itse tuottamat logistiikkapalvelut 2017. (Logistiikkaselvitys 2018, s. 20)

Varastointi

Tyypillisesti kauppojen ja tukkuliikkeiden hankintaverkosto koostuu useista tavaravirroista, jotka yhdistyvät terminaaleissa ja varastoissa. Varsinkin logistiikkaketjun alkupäässä tehokkuutta on haettu ennen kaikkea eräkokoja kasvattamalla ja kuljetuskokoa eli kapasiteettia suurentamalla. Nämä siksi että suomalaisyritysten päätöksenteko on perustunut pääosin taloudellisten tekijöiden varaan. Tämä johtaa useimmiten varastoinnin lisääntymiseen ja investointien kiertonopeudessa haitallisena kuluna. Lisäksi yrityksillä on itsellään sijoituksia varastoihin ja niiden ylläpitoon. Varastointi ilmenee lisääntyvässä määrin logistiikkaketjun loppupäässä, jossa sillä pyritään puskuroimaan toimitusviivettä, sekä tasaamaan asiakkaille suuntautuvaa useampikanavaista mutta pienempi kapasiteettista logistiikkaa. Tämä ilmenee myös usein täyttöasteen vajavuutena kappaletavaran kuljetuksissa (kuvio 29).

Yleisessä tilanteessa yritysten kilpailu- ja suorituskyky riippuvat isolta osin yrityksen sisäisestä tehokkuudesta, kaluston ja toimintaperiaatteen valinnasta sekä tehtyjen investointisuunnitelmien toteuttamisesta käytännössä.



KUVIO 29. Maantiekuljetusyritysten ajoneuvojen keskimääräiset täyttöasteet vuonna 2018 (Logistiikka selvitys 2018, s. 22)

Teollisuusyritykset, jotka hoitavat yleensä itse logistisia toimintojaan, pyrkivät entistä enemmän ulkoistamaan osan toiminnoista, kuten huolinta, paluulogistiikka ja kuljetukset. Yritykset itse pyrkivät tuottamaan toiminnot kuten

logistiikan tietojärjestelmien hallinnan, tilausten käsittelyn, laskutuksen (varauksella), varastoinnin ja sen käsittelyn (varauksella), varastojen inventaarioiden hallinnan ja lisäarvon palvelut, eli toiminnot, jotka ovat strategisesti tärkeitä.

Kyselyissä, joita on määrääjoin toimittanut esimerkiksi Solakivi et.al. Turun kauppakorkeakoululle vuosittaisien logistiikkaselvityksen muodossa, on havaittavissa, ”että kysyttäessä yritykset kertovat aikomuksistaan ulkoistaa aiempaa enemmän logistisia toimintojaan, vaikka käytännössä viimeisen kymmenen vuoden aikana logististen toimintojen ulkoistamisaste on pysynyt ennallaan” (Solakivi et al. 2016, s. 72-73).

Verkkokauppa

Myös Suomessa verkkomyynnin yleistymisen on noussut tasaiseen 10 - 20 %:n vuotuisen kasvuun. Kuitenkin verrattuna muihin pohjoismaihin verkkokauppa on Suomessa vielä hiukan niistä jäljessä. (Dagerman 2016.)

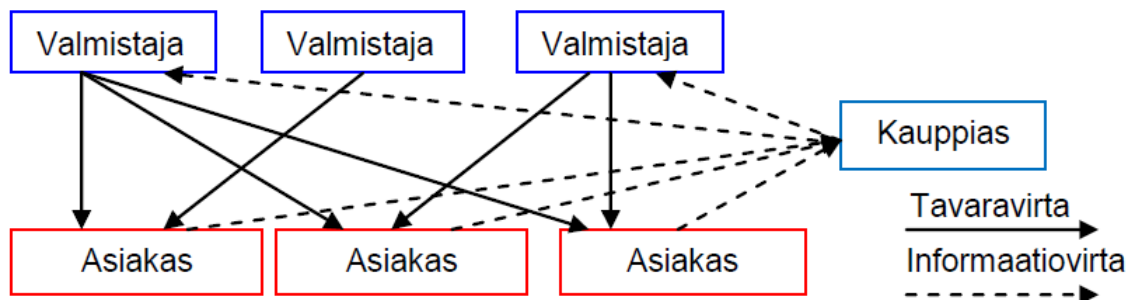
Verkkokaupan kehitys on näkynyt pääkaupunkiseudulla verkkokaupan nouto- ja palautuspisteiden lukumäärän kasvuna, joka on samalla lisännyt ja hajauttanut kaupunkijakelua. Suomessa verkkokauppa on yleistynyt tasaiseen 10 – 20 %:n vuotuisen kasvuun. Suomen verkkokauppaa verratessa muihin pohjoismaihin ollaan vielä kehityksessä hieman jäljessä, mutta kasvusuunta on selvä (Dageman 2016).

Business to Business (B2B) -verkkokauppa on tavallisesti suurten myyntierien ja volyymien markkinoita, jotka koostuvat usein komponenteista ja lopputuotteista. Business to Consumer (B2C) on verkkokaupassa yleisintä yritysten ja kuluttajien välistä kauppaa, jonka toimitukset ovat yleensä yksittäisiä tai muutaman paketin toimituksia. Consumer to Consumer (C2C) on kuluttajien välistä keskinäistä verkkokauppaa kuten tori.fi ja huutokauppa.com palvelut. Sekä B2C että C2C -kaupat vaikuttaisivat oivallisilta vaihtoehtoilta kevyen drone logistiikan toimintasegmenteiksi.

5.2.1 Kaupan ja logistiikan toimintamallit

Suoratoimitusmalli

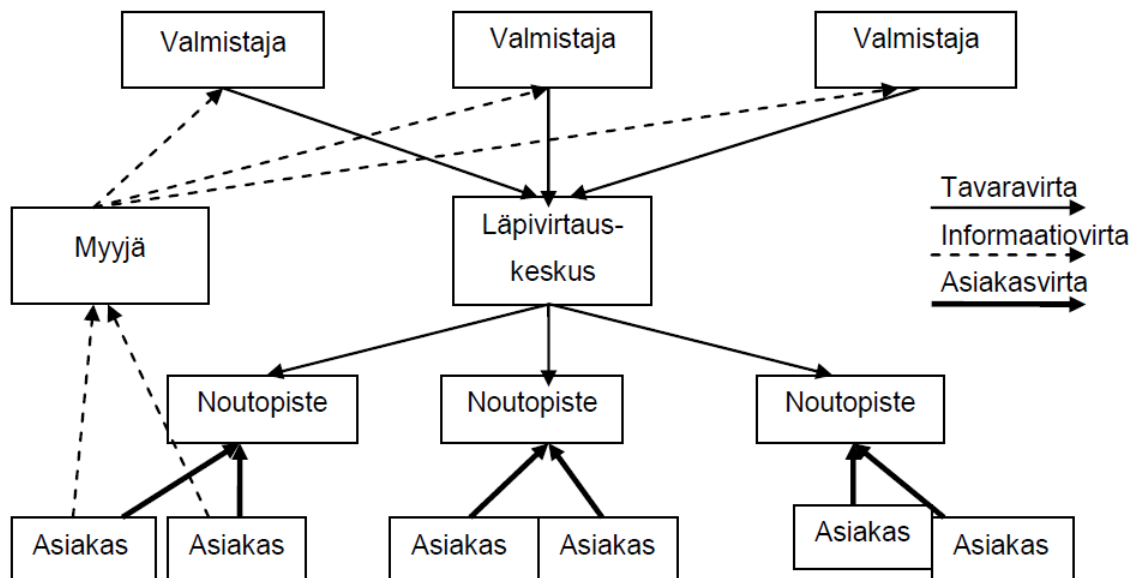
Suoratoimitusmallissa (kuvio 30) kauppias ottaa vastaan tilauksen ja toimittaa asiakkaan tilauksen eteenpäin tuotteen valmistajille. Valmistaja tuottaa hyödykkeen ja toimittaa sen suoraan tilauksen tehneelle asiakkaalle. Kauppias ei siis huolehdi varastoinnista vaan tuotteen materiaalit ja varastointi ovat valmistajan varastossa.



KUVIO 30. Suoratoistomallin materiaali- ja informaatiovirrat
(Chopra & Meindl 2016, s.86-88)

Noutopistemalli

Noutopistemallia (kuvio 31) suositaan varsinkin postissa- ja netissä- tapahtuvan kaupankäynnin toimituksiin asiakkaille. Logistiikka yritys perustaa noutopisteitä joihin asiakkaan tilaamat tuotteet toimitetaan asiakkaan noudettaviksi. Usein asiakkaalle annetaan mahdollisuus valita noutopiste, jonne lähetys toimitetaan noudettavaksi. Myyjä ilmoittaa asiakkaalle puhelimitse tms. koska tuote on toimitettu ja noudettavissa.



KUVIO 31. Noutopistemallin asiakas, materiaali- ja informaatiovirrat (Chopra & Meindl 2016, 94–97.)

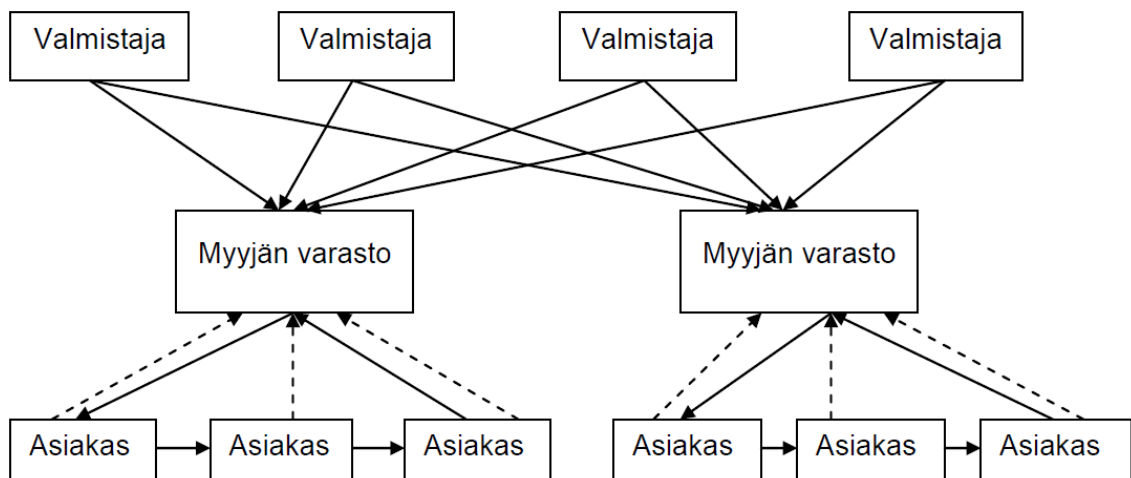
Noutopistemallin hyvinä puolina voidaan mainita muun muassa kuljetuskustannusten lasku myyjälle, sillä tämän ei tarvitse käyttää lähettipalvelua tilauksen vientiin asiakkaan kotiovelle. Osa kuljetuskuluista voidaan myös periä asiakkaalta, sillä usein suomalaiset verkkokaupat pyytävät lisää maksua noutopistettä käytettäessä. Maksua ei kuitenkaan pyydetä, mikäli asiakas hakee tuotteen liikkeestä tilattuaan sen ensin verkosta. Noutopistemallissa haasteena on noutoprosessin hoitaminen, koska asiakkaan tunnistamiseen ja tuotteen luovutukseen liittyvät prosessit noutopisteessä voivat lisätä kustannuksia. Kyseisten varastointi- ja informaatiojärjestelmien hankkiminen voi olla suurikin investointi yritykselle. Suomessa asia on kuitenkin myyjän kannalta hyvä, sillä Postilla ja Matkahuollolla ovat jo kyseiset järjestelmät kunnossa. Tämän ansiosta myyjän ei tarvitse tehdä suuria investointeja, vaan tehdä sopimus joko Postin, Matkahuollon tai molempien kanssa palveluiden tarjoamisesta asiakkaille.

Viimeisen mailin malli

Viimeisen mailin mallista on muutama toisistaan eroava käsitys ja on paikallaan selvittää mistä asiasta kulloinkin on kyse väärinymmärrysten välttämiseksi. Viimeisellä maililla (last mile) tarkoitetaan logistiikassa kuljetusmatkaa, jonka tavara kulkee jakelukeskuksesta tai esimerkiksi satamasta loppuasiakkaalle, eli

se ei välttämättä tarkoita matkallisesti mailia tai lyhyitä viimeisiä metrejä toimituspisteestä asiakkaille.

Chopran&Meidlin esittämässä (kuvio 32) mallissa myyjä hoitaa varastoinnin ja kuljetukset asiakkaille kokonaisvaltaisesti, ilman kuljetusliikeitä. Itse asiassa tämä toimitusmalli onkin suurten itsenäisten toimijoiden kuten Amazonin toiminta-ajatusta tukeva malli. Varastot ei ole keskitetty suuriin huolintapisteisiin, vaan lähelle asiakasta, josta myyjä kykenee hoitamaan kuljetuksia isolle osaa asiakkaitaan. Varastojen lukumäärä on suurempi ja hajautetumpi. Hajautetun verkon varastoinnin ongelma on kysynnän epävarmuus ja siksi tulee keskittyä tuotteisiin, joilla on suuri kysyntä. Yllättävää että viimeisen mailin mallissa kuljetuskustannukset ovat yleensä huomattavasti suuremmat kuin muissa toimitusmalleissa, johtuen itse hoidetusta logistiikasta. Kuljetukset eivät myöskään vastaa perinteisen logistiikan arvopohjaa suurella kapasiteetilla ja volyymin, vaan yksittäiskuljetuksilla, saatavuudella ja palvelulla.



Viimeisen mailin malli (mukaelma Chopra & Meindl 2016, 93)

KUVIO 32. Viimeisen mailin mallin informaatio ja materiaalivirrat

Amazon on kehittänyt oman logistiikkansa Amazon Flex -palvelua, käyttämällä toimituksiin drooneja joilla mallin huomattavan suuret toimituskustannukset saataisiin toimitettua tehokkaasti, jopa kustannus mielessä (Banker ym. 2018; Liao, 2017).

Asiakastyytyväisyys on erittäin hyvä tässä mallissa, sillä vasteaika tilauksien toimittamiselle on hyvä. Malli mahdollistaa tarvittaessa myös asiakas palautusten suorittamisen helposti, mikä edesauttaa asiakastyytyvää.

5.3. Perinteisen jakelulogistiikan toteutus

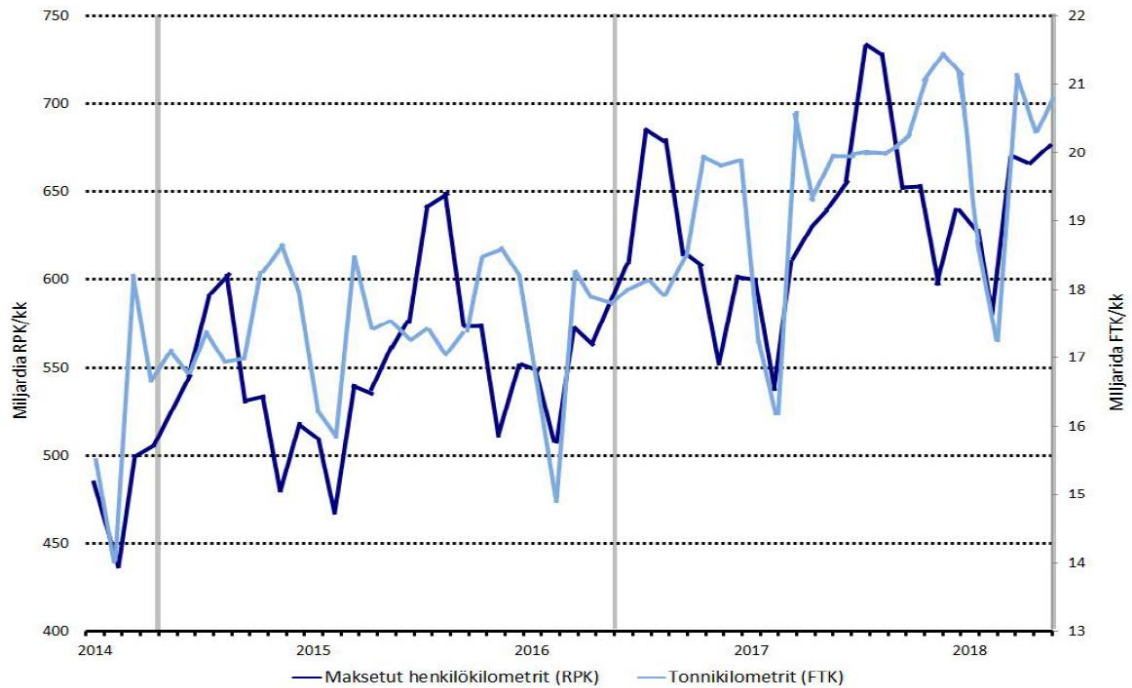
Perinteisesti logistiikka ja ennen kaikkea materiaalin siirtäminen on ajateltu toteutettavaksi tehokkuus ja taloudellisuus tavoitteita kunnioittavilla ratkaisuilla, tämä on selvää ymmärtäen sotilas- ja kaupankäynti lähtökohdista alkunsa saaneen toimintaprosessin. Logistiikka on keskittynyt globaaleissa pitkän matkan toimituksissa isoille toimijoille, laivayhtiöille ja rautateille, ennen kaikkea volyymiajattelun ja mittasuhte-edun saavuttamiseksi. Kilpailu ja voittojen maksimointi johtavat logistiikassa välttämättä eräkokojen ja alusten kasvattamiseen, sekä täyttöasteen maksimoimiseen. Sama toimintaperiaate kantaa tulosta vielä kansallisesti jakelulogistiikan alueella, jos volyymi on riittävää ja pystytään ylläpitämään rahdin virtausnopeutta riittävänä kohtuulliseksi katsotulla kalustolla. Suhdanteiden muuttuessa poikkeamat ilmenevät varastojen kasvamisena ja kaluston käyttöasteen, sekä täyttöasteen heilahteluna. Tämä ei puolestaan ole hyväksi tehokkuudelle ja taloudellisuudelle, tuottavuus kärsii. Mitä edemmäksi logistiikkaketju etenee satamista ja tuottajilta, kohti jakelulogistiikkaa, sitä kyseenalaisemmaksi tulee suuruuden ekonomia.

5.3.1 Ilmaliikenteen logistiikka

Lentokuljetukset ovat logistisesti nopein ratkaisu. Yksioikaisesti ajatellen infrastruktuurin tarpeet ovat muihin logistisiin ratkaisuihin verraten yksinkertaisemmat keskittyen nousu- ja laskeutumipaikkojen toteuttamiseen, vaikka reittien varrella navigointi joskus vaatii tekniikkaa, joka kuitenkin ei ole ainoastaan ilmaliikenteen infrastruktuuria. Lentokuljetukset ovatkin toimintansa alusta-alkaan pohjautuneet erilaiseen hyötyperiaatteeseen ja arvoihin kuin maa- ja meriliikenteen logistiikka. Kapasiteetin ollessa rajoittuneempi ja yksikkökustannusten korkeammat on merkityksellisiksi arvoiksi

muodostunut kiireellisyyden ja tavoitettavuuden arvot. Tähän pohjautuen ilmaliikenteeseen on muodostunut oma ”kiireellisen logistiikan” käyttäjäkunta ja verkosto. Lentokuljetuksissa hyödynnetään myös tavallista matkustajakoneiden reittilentokapasiteettia, mutta lisääntyvässä määrin myös rahtiliikenteen toteutusta on lisätty pikarahtiin ja mannertenvälisiin kuljetuksiin mitoitetuin pääasiallisesti rahtikonein toimivin suurten kansainvälisten logistiikkatoimijoiden suunnalta. On tullut selväksi, että logistiikan peruseriaatteet volyyymi ja kapasiteetti, ovat saaneet rinnalleen asiakkaiden suunnalta uusia arvoja kuten nopeus ja mahdollisuus korjata- ja täydentää jo mahdollisesti matkaan lähetettyä perinteistä rahtia. Nopeuden suoden toisinaan mahdollisuuden kriittisten asiakkaiden ja vaativien asiakaslupauksen täyttämiseen vielä viime hetkellä.

Ilmaliikenteen mittariksi ei sovellu parhaiten yleisesti käytetty tonnikilometrit (FTK), koska ilmaliikenteen logistiikkamuodoksi valinneella taholla fokus on ollut muissa arvoissa, mutta pitemmän aikavälin (2014 – 2018) IATA:n maailman lentoliikenteen kuukausittaiset matkustaja- ja rahtivolyymit kuvaajaa katsoen voi havaita ilmaliikenteessä kehityksen olevan enemmän rahti- kuin henkilökilometrien suuntaan painottunutta (kuvio 33), kuitenkin hyvin saman suuntaista johtuen osaksi yhteisestä kuljetusmuodosta. Kuvaajaa tulkiten voisi päätyä näkemykseen, että ilmailualan kuljetuskapasiteettia tulisi kasvattaa, koska kasvu vaikuttaisi jatkuvan vahvana niin kuljetus- kuin matkustajapuolella. Mutta nyt tätä kirjoitettaessa keväällä 2020 koronakriisin aikaan on ilmaliikenne kokenut suuren pysähtyneisyyden tilan ja useat lentoyhtiöt ovat omassa kriisissään, sekä liikenteen että kassavirran seisahtuessa, jopa siinä määrin että usea suurimmat lentoyhtiöt ovat selvitys tai konkurssiuhan alaisia. Vaikuttaa että logistiikka-alan lentoyhtiöt tulisivat selviämään tästä kriisistä ja mahdollisesti sitä seuraavasta lamasta paremmin kuin perinteiset lentoyhtiöt.



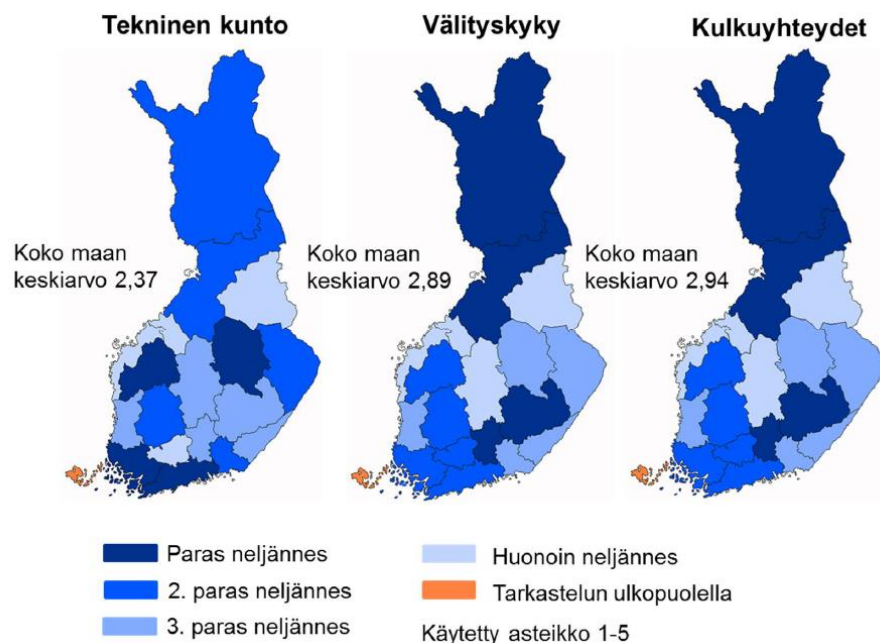
KUVIO 33. Maailman lentoliikenteen kuukausittaiset matkustaja- ja rahtivolyymit 2014–2018 (IATA 2018 a; IATA 2018 b) RPK = maksetut henkilökilometrit (Revenue-Passenger-Kilometres), FTK = tonnikilometrit (Freight-Tonne-Kilometres)); Pylväät esittävät Logistiikkaselvitysten toteuttamisajankohtia vuodesta 2014

5.3.2 Maaliikenteen logistiikka

Maaliikenne jakautuu kahteen ratkaisuun pyörästä sekä verkostosta. Ensinnä jako kumi- ja rautapyöriin, toiseksi maantie- ja rataverkostoon.

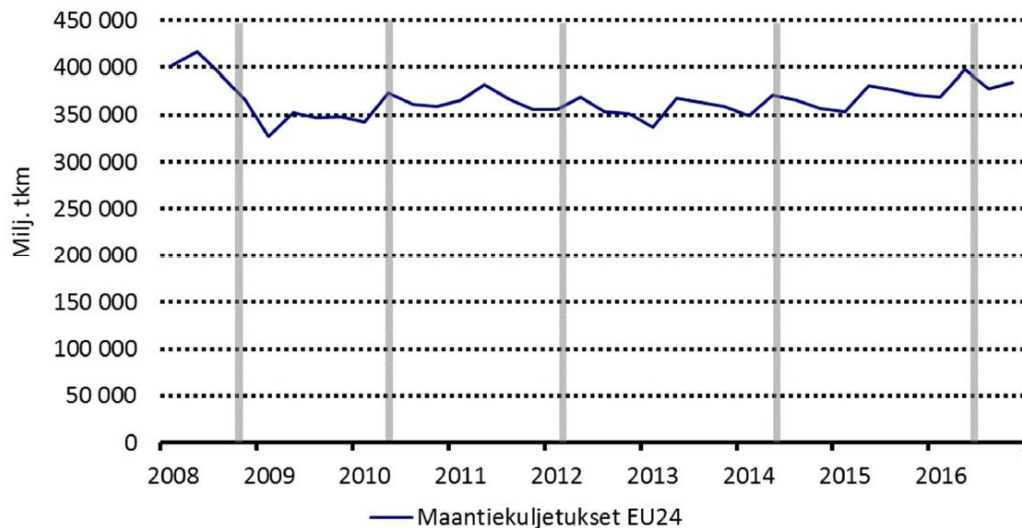
Suurien kuormien ja joustavan liikehtimisen paras vaihtoehto on maantieliikenteen hyödyntäminen keruu- ja jakelutoiminnassa. Mutta on huomioitava, että puhuttaessa keruu- ja jakelutoiminnasta, ei välttämättä puhuta enää suurista kuormista. Suuret kuormat, vakiintunut rahtiliikenne, täsmälliset aikataulut ja pitkät matkat ovat vuorostaan rautateiden traditionaalisen prosessimaisen toiminnan pohja.

Maantieliikenne on perinteisesti hoitanut myös jakelukuljetukset Suomessa. Raskaampi ja suuri volyymisempi logistiikka on siirtynyt kustannustehokkaampaan raideliikenteeseen siellä missä verkostoa on tarjolla, mutta edelleen myös nämä runko- ja siirtokuljetukset ovat vahvasti maantieliikenteen logistiikan toteutettavissa. Tähän vaikuttaa voimakkaasti kilpailevan raide verkoston laajuus ja sijainti, sekä tieverkoston kunto. Liikenneinfrastruktuurin kunto ja liikenneyhteydet määrittävät vuorostaan suuresti logistiikan asiakaskunnan sijoittumista maantieteellisesti, ollen jakautunut painottuen eri lailla tekniseen kuntoon, välityskykyyn ja kulkuyhteyksiin (kuvio 34).



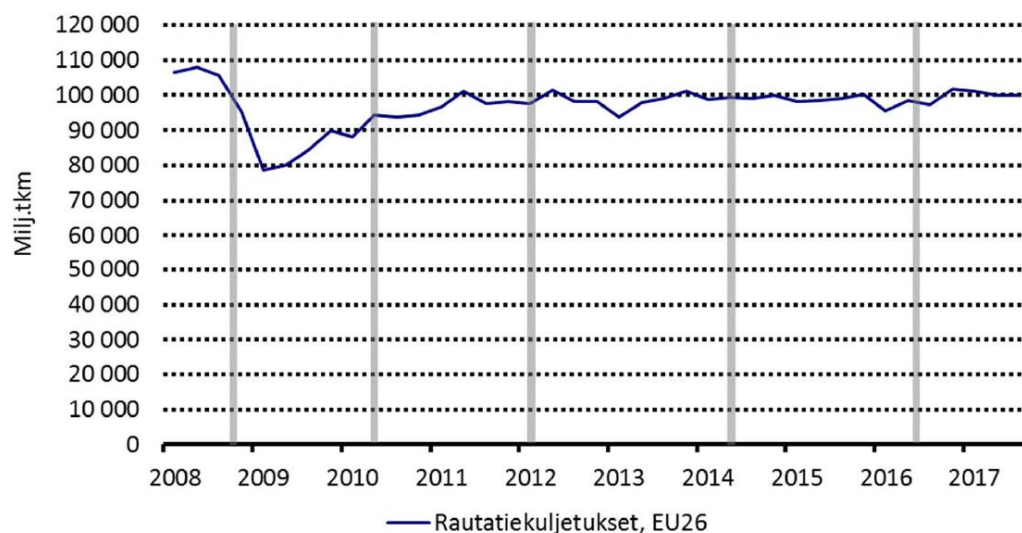
KUVIO 34, Logistiikkayritysten arviot liikenneinfrastruktuurin kunnosta maakunnittain (Logistiikkaselvitys 2018, s. 13)

Mitta-asteikkona logistiikassa yleensä käytetty tonnikilometrit eivät aina kerro koko totuutta tehokkuudesta tai taloudellisuudesta, vaan on periaatteessa vain tilastoinnin mittareita toteutumasta tai volyymistä. Tarkkaillessamme OECD:n alaisen International Transport Forumin (ITF) kuvaajia maaliikenteen jakautumista käy ilmi, että maantiekuljetuksia on reilu kolmekertainen osuus rautatiekuljetuksiin nähden. Kuviot 35 ja 36 esittävät koko euroalueen OECD:n ITF tilastoja ja eivät luo tarkkaa kuvaa vain Suomen logistiikka-areenan tilasta ja volyymien kehityksestä.



KUVIO 35. Kotimaan ja ulkomaan maantiekuljetusten volyymi (miljoonaa tonnikipometriä) 24 EU-maan alueella vuosina 2008–2016Q4

(International Transport Forum 2018);



KUVIO 36. Kotimaan ja ulkomaan rautatiekuljetusten volyymi (miljoonaa tonnikipometriä) 26 EU-maan alueella vuosina 2008–2017Q3

(International Transport Forum 2018);

5.3.3 Vesiliikenteen logistiikka

Logistisen ajattelun ja toimintatapojen perusteet ovat hyvin vanhaa perua. Vaikka nämä miltei kaikki logistiikan perusteet pohjautuvat edelleen purjelaivojen toimintaperusteisiin, tapahtuu edelleen suurin volyymi kansainvälisessä ja globaalissa logistiikassa meriteitse. Usein käytetty sanonta ”Suomi on logistisesti saari” pitää edelleen paikkansa, koska yli 75 % suomen tuonnista ja viennistä tapahtuu meriteitse. Aikanaan vesiliikenteellä on ollut

kulta-aikansa myös sisävesien hyödyntämisessä logistisessa mielessä teollisuuden nousun ja ennen kaikkea puutavaran uittojen myötä. Mutta tänä päivänä sisävesien logistinen hyödyntäminen on vähäistä ja voisi jopa väittää, että vesistöt ovat enemmän este kuin hyödyke logistisesta näkökulmasta. Suomen sisäisen logistiikan näkökulmasta uudet ratkaisut, kuten drooneilla toteutettu logistiikka voisi olla varteen otettava vaihtoehto vesistöjen ja näiden vaikutuksesta syheröisen tieverkon ja pitkien matkojen ratkaisu kevyemmän jakelulogistiikan tarpeisiin.

5.4. Logistisen areenan tunnusluvut ja näkymät

Logistiikan käsitettä käytetään hyvin yleisesti ja monessa eri kontekstissa, tämän takia sekä käsitteen että siitä puhuttaessa käytetyt tunnusluvut jäävät lähes aina epämääräisiksi ja kyseiseen tapaukseen sekä tilanteeseen sopiviksi, ei yleisiksi kuten SI-yksiköt ja standardit. Tästä syystä logistiikan käsitteellä ei ole mitään vakiintunutta määritelmää sen paremmin tilastoinnissa kuin yritysten käytännöissäkään. Tämän takia eri lähteistä tai tarkoituksiin luoduista taulukoista ei ole mahdollista koota kaiken kattavaa ja kiistatonta lähdetietoa logistiikkamarkkinoiden kokonaiskuvaa ja tämän seurauksena myös siinä tapahtuvan muutoksen esiintuominen on haastavaa.

Tilastollisesti on haastavaa koska logistiikka toimialalle ei ole omaa tilastointiyksikköä, ei vakiintunutta määritelmää toimitusketjujen johtamisesta, saatikka vakiintunutta termistöä kustannusten allokoinnista esimerkiksi tuloslaskelmassa. Logistiikkatoiminnot tai -markkinat eivät muodosta erillistä yksikköä toimialatilastoinnissa tai kansantalouden tilinpidossa. Joten lopultakin voidaan sanoa logistiikan tutkimuksesta tähän mennessä, ”hyvin tehty, kun on selvitty”.

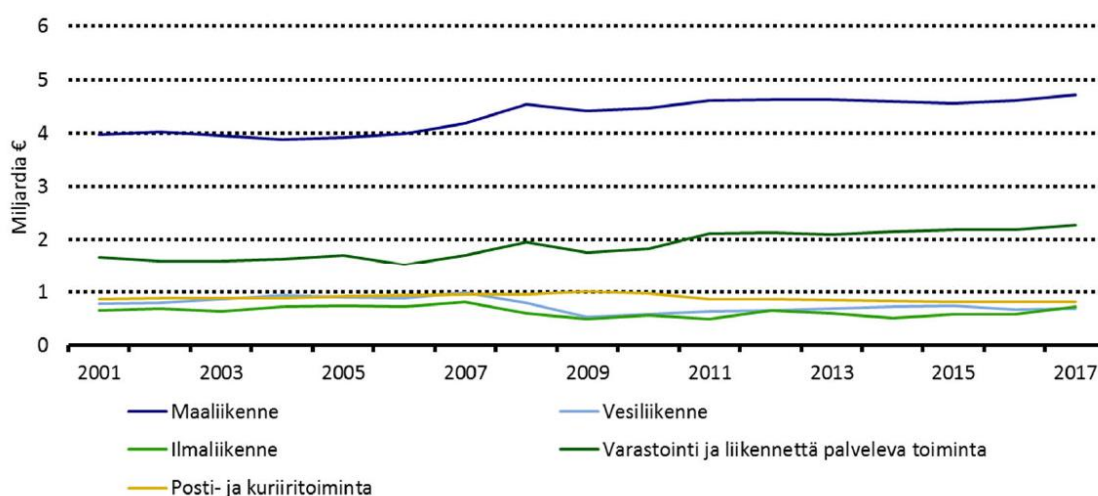
EU:n NACE -luokitus, joka määrittelee toimialoja ja johon perustuu myös Suomen toimialaluokitus TOL 2008, mainitsee pääryhmän ”H Kuljetus ja varastointi”. Pääryhmä H sisältää eri kuljetusmuodot henkilö- ja tavaraliikenteessä, mutta kaikki muu logistiikkapalveluiden oheistoiminta varastointi, tietoliikenne ja palveluliiketoiminta, on hajautettu useaan muuhun

alaryhmään. H -ryhmän sisältä löytyy kuitenkin esimerkiksi erilaisia laitevalmistajia. Tilinpidollisesti tämä on ongelma koska panos-tuotos-mallit perustuvat usein toimialaluokitukseen (Solakivi, 2018, s. 27). Esimerkiksi Rantasila (2013) tarkasteli väitöskirjassaan logistiikkakustannusten käsitettä alan tutkimuksessa ja identifioi yhteensä yli 50 erilaista logistiikkakustannusten osatekijää tai komponenttia sekä lausui ”Logistiikkakustannusten määrittely ja käyttö (tai käyttämättä jättäminen) on kuitenkin siis kunkin yrityksen oma päätös. Näin ollen myöskään yritystasolla suoraa vertailtavuutta ei ole”.

Suomen kansantaloudesta vuonna 2016 liikenne muodosti noin 10%. Vuonna 2017 liikenne ja sen toimialat työllistivät noin 150 000 ihmistä 21 500 yrityksessä. Kuitenkaan vuosien 2013 ja 2016 välillä työpaikkojen määrä ei ole kasvanut (EU in Figures 2017; Liikennejärjestelmä 2017a).

Liikenteen ja sen palveluiden bruttoarvonlisä

Kuvion 37 mukaan liikenteen ja sitä palvelevan toiminnan bruttoarvonlisän kehitys on ollut vakaata ja maltillisesti kasvavaa.



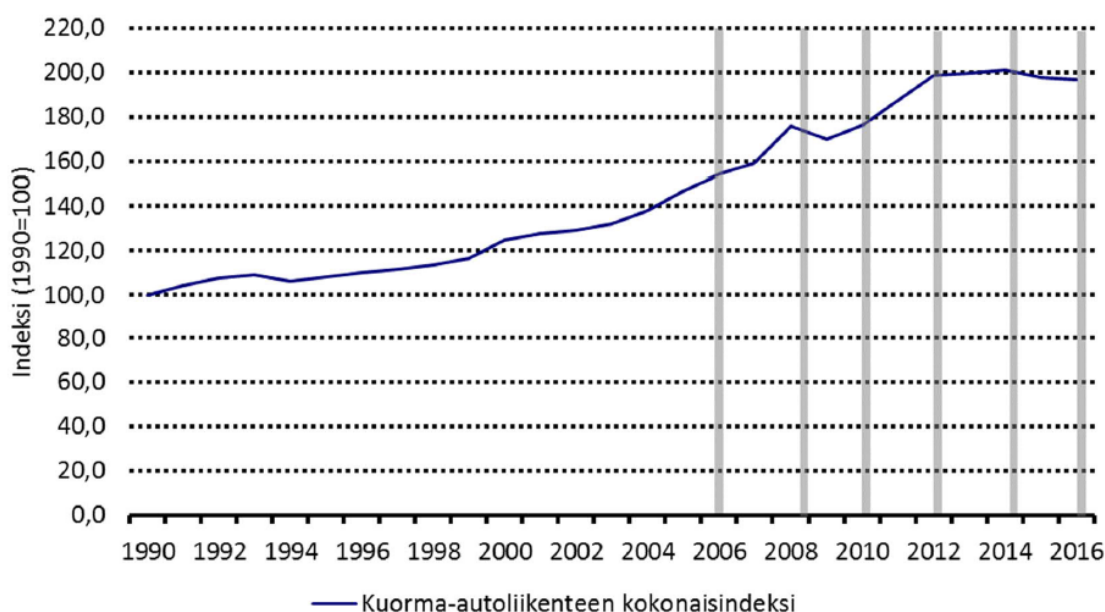
KUVIO 37. Liikenteen ja liikennettä palvelevan toiminnan bruttoarvonlisäys Suomessa 2001-2017 TOL 2008:n mukaan (miljardia euroa juoksevin hinnoin ml. julkinen sektori) (Tilastokeskus 2018g)

Polttoaineiden hinnat

Polttoainekustannukset ovat merkittävä osa kuljetusyritysten kustannusrakennetta. Varsinkin keväällä 2020 korona kriisin vaikutuksesta polttoaineiden hinnat ovat laskeneet jopa ensimmäistä kertaa historiassa hetkellisesti miinusmerkkiseksi. Yleensä ottaen polttoainekustannukset ovat

maaliikenteessä 20 – 25 % luokkaa (Association of American Railroads 2018; Autoliikenteen työnantajaliitto 2018; More Than Shipping 2018; Statista 2018; Tilastokeskus 2017b).

Kuorma-autoliikenteen kustannusindeksi on Tilastokeskuksen tuottama indeksi, joka mittaa ammattimaisen kuorma-autoliikenteen kustannustekijöiden hintamuutoksia kuviossa 38. Vaikuttaisi että vuonna 2014 olisi saavutettu jonkinlainen huippu ja trendi olisi kääntynyt laskuun.



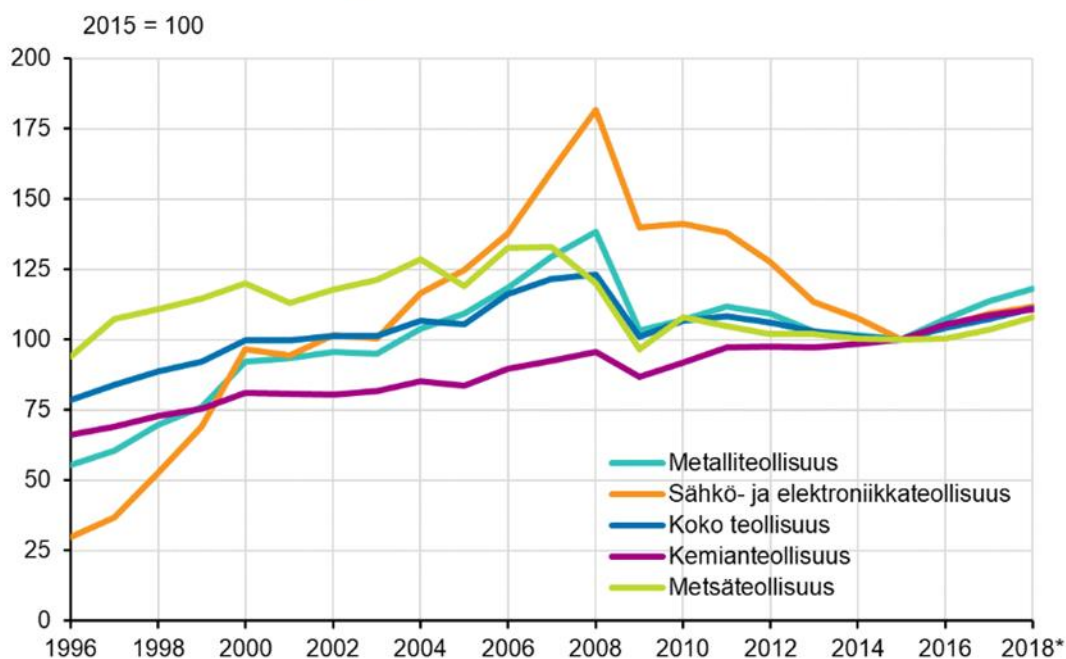
KUVIO 38. Kuorma-autoliikenteen kustannusindeksi 1990–2016 (Tilastokeskus 2017b) 1990=100. Pylväät esittävät Logistiikkaselvitysten toteuttamisvuosia vuodesta 2006

Rahtivolyymien kehitys

OECD:n alaisen International Transport Forumin (ITF) kokoamia tilastoja euroalueen rautatie- ja maantiekuljetuksien volyymien kehityksestä (kuviossa 39) käy ilmi, että 2008-2009 talouskriisin jälkeen volyymit ovat elpyneet. Kuitenkin on havaittavissa, että enää ei ole varsinaista tukijalkaa niin metsäteollisuudessa kuin elektroniikkateollisuudessaakaan, vaan teollisuuksien suhteellisuus toisiinsa on ikään kuin tasattu. Kapasiteettia ja varsinkin suurivolyymistä sellaista viimeistään investointina harkitsevan kannattaa seurata ainakin 2020 koronakriisin jälkeisiä kehityslukemia, koska useammat

indikaattorit vaikuttavat saavuttavan jonkinlaisen taitekohdan jo ennen koronakriisiä. On todennäköistä, että vaikutukset tulevat näkymään kriisin vaikutuksesta oletettua suurempina koska tuotannon pyörä oli jo alkanut hidastua enne koronakriisin mukanaan tuomia karensseja ja rajoitustoimia sekä sen mukanaan tuomaa talouden laskusuhdannetta.

Teollisuustuotannon volyymi-indeksi



https://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_teollisuus.html

KUVIO 39. Suomen teollisuustuotannon volyymi-indeksi (Tilastokeskus Stat.fi)

Samanaikaisesti tämä voi tarkoittaa ja indikoida muutenkin kuluttajien käyttäytymistä sekä myös sitä, että liiketoiminnan uudet trendit, esimerkiksi sähköinen ja verkossa tapahtuva kaupankäynti, monikanavaisuus jne. vaativat panostuksia juuri logistiikan muutoksen ja hallinnon, sekä kaupankäynnin ja palvelujen uudelleen ajattelemiseen.

Logistiikan näkymiä

Kuluttajien käyttäytymistä ja kiertotaloutta käsittelevää tutkimusta Sitralle 2015 tehnyt Ahlqvist on havainnut seuraavanlaista muutosta. Palveluiden käyttö on kasvanut Suomessa jatkuvasti 1975-2012, päätyen yli 50 %:iin kuluttajien rahankäytöstä. 2005-2012 välisenä aikana kestohyödykkeiden lisääntyminen on lisääntynyt, mutta ei yhtä runsaana kuin palveluiden ostaminen. Logistisesti merkittävää on kuljetuspalveluiden kasvu 2006-2012 välisenä aikana 50 %:lla, ollen lopulta 21 % kaikista kuluttajan ostamista palveluista. Tämä indikoi merkittävää muutosta kuluttajien käyttäytymiseen, sekä olemassa olevan muuttuneen kaupankäynnin, että myös tulevaisuuden kyseisen logistisen kysynnän tarpeen tyydyttämiseksi.

Paluulogistiikka, joka on keskeisiä tekijöitä kiertotalouden ja materiaalien uusiokäytössä, tulee esittämään suurta osaa ilmastonmuutoksen hallinnassa. Näin ollen logistiikan päästöt ja liikenne kaluston mittakaava tulisi saada kohtaamaan, huomioiden paluulogistiikan huomattavan paljon pienempiä eräkokoja verrattuna toimitusketjujen alkupään suuriin eräkokoihin ja volyyymiin.

Turunen teki haastatteluja logistiikan tuottajille 2018 tutkimuksessaan Etelä-Suomen hajautetun logistiikkajärjestelmän visio 2030. Haastatteluista käy ilmi mielenkiintoisesti alan suuntautuneisuus toimijoiden kesken täysin erilaisiin toimintaperiaatteisiin ja ansaintalogiikkaan. Lisäksi kun huomioi että haastattelujen ajankohta osuu vain noin vuotta ennen COVID-19 pandemian ilmaantumista (maaliskuu 2020) ja edellisestä taantumasta (suomessa - 2015) elpyvään logistiikka toimitusten tuottajille, on yrittäjien päätöksenteko ollut haastavaa.

Haastatteluista tuli ilmi, että eräät logistiikkapalveluiden tuottajat ovat ulkoistaneet terminaaleja ja varastoja, joista ainoastaan tärkeimmät on saatettu säilyttää yrityksen omistuksessa. Tärkeimmillä terminaaleilla ja varastoilla tarkoitetaan sellaisia terminaaleja ja varastoja, jotka toimivat solmupisteenä suurelle osalle yrityksen ohjaamista kuljetuksista. Eräs logistiikkapalveluita tuottavista yrityksistä ei omistanut yhtään terminaalia tai varastoa ja se pyrki ulkoistamaan koko kuljetuskalustonsa. Kyseisen yrityksen kohdalla muutos on ollut merkittävä, sillä aiemmin yritys omisti valtaosan sen käyttämistä terminaaleista, varastoista ja kuljetuskalustosta.

(Haastattelut, Turunen 2018. ETELÄ-SUOMEN HAJAUTETUN LOGISTIIKKAJÄRJESTELMÄN VISIO 2030)

Yhtenä merkittävänä syynä kuljetuskaluston, terminaalien ja varastojen ulkoistamiselle voisi pitää toiminnan ketteryyden lisäämistä, koska kyseinen Agile -toimintamalli on lisännyt suosiotaan aloilla, joilta on mennyt perinteinen ”pitkä leipä” prosessimaisen Lean konseptin ja tuotannon poistuessa markkinoilta ja on jouduttu reagoimaan nopeasti hiipuneeseen kysyntään ja tilauskantaan.

Tämä on johtanut siihen, että kaupan ja teollisuuden yritysten omien varastojen koot ovat pienentyneet, mikä on korostanut JIT kuljetusten oikea-aikaisuutta ja pienentänyt toimitusten eräkokoja.

Kiinnostavasti, eräässä haastattelussa tuli esiin jakelun uudistuminen uusien sähköisten alustojen myötä. Haastateltu yritys kuvasi sovelluksen voivan olla esimerkiksi taksiliikennettä uudistaneen Überin kaltainen, vanhoja toimintamalleja uudistava ja hajauttava toimintatapa. Kyseinen toimintatapa edistäisi jakamistalouden kehittymistä, sillä esimerkiksi kuluttaja-asiakkaat voisivat toimittaa kaupan alan kotiinkuljetuksia kauppamatkojensa yhteydessä muille kuluttajille, mikä ei ole täysin ongelmaton esimerkiksi kylmäketjujen säilymisen kannalta.

(Haastattelut A.Turunen 2018. ETELÄ-SUOMEN HAJAUTETUN LOGISTIIKKAJÄRJESTELMÄN VISIO 2030)

Logistiikan tulevia trendejä arvioi esimerkiksi pohjoisamerikkalainen kuljetuksien ja toimituksien hallintaan erikoistunut Cerasis. Cerasis (2018) arvioi että selkeä trendi on havaittavissa asiakkaiden toiveiden ja tarpeiden mukaan mukautuvat ja räätälöidyt kuljetukset. Asiakkailla on selkeitä ja monipuolisia vaatimuksia varsinkin ”last mile delivery” toimituksille, tarkoittaako tämä suomeksi lopputoimituksia vai mallin mukaisesti koko toimitusketjun hallintaa itsenäisesti jäi epäselväksi. Kirjoituksen mukaan toimitusehdot vaativat toimitusketjulta suurempaa joustavuutta. Joustavuus vuorostaan tarkoittaisi viimeisen mailin toimitusmallilla suurten keskusvarastojen katoamista ja pienten

lähivarastojen lisääntymistä. Oletettavaan tilan puutteeseen tulisi varautua varsinkin suurissa kaupungeissa. Lisääntyvää automaatiota ja tietoteknologian tarvetta pyritään tyydyttämään nousussa olevien trendien kuten: laitteiden internetin (internet of things IOT), lohkoketjujen (block chain), Big Datan (BDA) ja varastojen- ja kuljetushallintajärjestelmien (Warehous/Transportation Management Systems (WMS/TMS)) avulla. Cerasis (2018) nostaa myös esille tarpeen logistiikkayritysten suuntaan kiinnittämään huomiota uusien teknologioiden laajempaan hyödyntämiseen.

Yhdysvalloissa on havaittu kaupan siirtymistä kivijalka myynnistä verkkokauppaan (Tekniikka ja Talous, 2014). Tämä muutos tuo mukanaan lisääntyvän kotiinkuljetuksen sekä nouto- ja paluulogistiikan. Samalla kyseinen kehitys hajauttaa toimitusosoitteiden määrää ja pienentää kuljetuseriä. Useat yritykset kokevat, että haluavat enenevissä määrin vähentää päästöjään omaehtoisesti, varsinkin jos se on kilpailuttamisen ehto ja jos se tuottaa riittävästi lisäarvoa niiden asiakkaille.

Turunen on arvioinut, että kaupungistuminen vähentää kuljetuskustannuksia ja CO₂-päästöjä (Turunen 2018, taulukko 12). Samalla väestön keskittyminen saa aikaan kuljetusmatkojen lyhentymistä, joka vuorostaan kaupunkien läheisyydessä ilmenee katuverkoston väylien ruuhkautumisena ja ruuhka-aikojen pidentymisenä. Tämä vuorostaan syö maaliikenteen logistiikalta tehokkuutta, alalla, jonka ansaintalogiikka on perinteisesti perustunut kustannusten minimointiin ja edullisiin tuotteisiin.

Dronet logistiikassa

Amazon on uudessa Prime Air konseptissaan pyrkinyt hyödyntämään viimeisen mailin toimitusten mallia esimerkiksi drone logistiikan avulla. He ovat luoneet drone laivaston toimitusten hoitamiseksi (kuva 14).



KUVA 14. Amazonin Prime Air drone (Amazon)

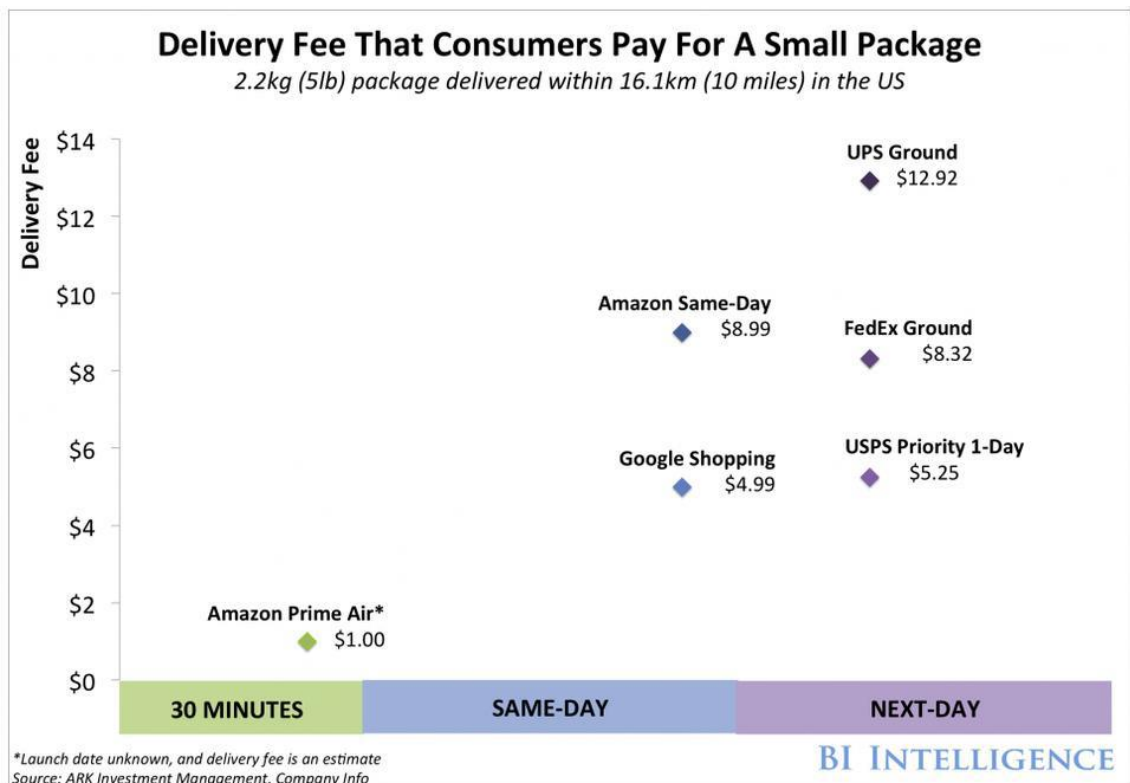
Amazon on ilmoittanut saavansa jopa 80 % säästöt käyttämällä drone logistiikkaa (<http://www.businessinsider.com/cost-savings-from-amazon-drone-deliveries-2016-6?r=US&IR=T&IR=T>). Amazon on suorittanut 2016 Englannissa drone lentojen testit ja niiden kriteerit ovat olleet seuraavat (Betters 2016):

- Lentojen tulee tapahtua alle 400 jalan, eli alle 120 metrin.
- Tuulen tulee olla heikkoa.
- Näkyvyyden on oltava hyvä.
- Lentojen on tapahduttava päivällä, yö testit eivät ole sallittuja.

Amazonin kriteerit asiakkaille Prime Airin käytössä ovat seuraavat:

- Tilauksen tulee painaa enimmillään 2,26 kg.
- Tämä painorajoitus sopii Amazonelle hyvin, sillä noin 86 % sen toimittamista paketeista painaa alle vaaditun 2,26 kg.
- Tilauksen määränpään pitää olla 16 km:n säteellä toimituskeskuksesta.
- Tilattavan tavarán tulee mahtua dronen kyydissä olevaan laatikkoon, esimerkki laatikosta näkyy kuvassa

Konseptin drone logistiikan vertailuksi on esitetty BI Intelligence toimittama taulukko kuviossa 40, josta nähdään, että Amazonin oma saman päivän peruslähetyks on hinnaltaan 8,99 \$ ja Prime Air drone lähetyks 1,00 \$. Mainoshan tämäkin on, ja jää nähtäväksi onko se markkinoille tunkeutumishinnoiteltu hyödyke, joka korjautuu myöhemmin korkeammilla hinnoilla.

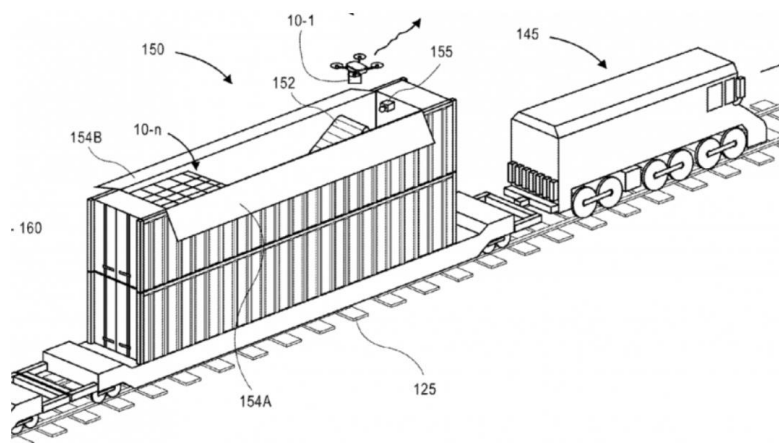


KUVIO 40. Taulukko pienten pakettien asiakas toimitusten hintavertailusta (BI Intelligence)

Amazon on ollut innovatiivinen ja aktiivinen myös viimeisen mailin mallin varastointi ratkaisujen etsimisessä. Josta on julkisuuteen ilmestynyt patenttihakemus, jonka David Curry on 8. elokuuta 2017 esitellyt ”hauskana ideana” (kuvio 41), mutta tietäessämme viimeisen mailin periaatteen toiminta-ajatuksen ja haasteet, voi ideassa olla jotain tuttuakin.

Amazonin viimeisin hauska idea: liikkuvat droone-asetat junissa, veneissä ja pakettiautoissa

David Curry / 8. elokuuta 2017 / Liitetyt laitteet



KUVIO 41. Amazonin hauska idea patenttihakemus (David Curry, 2017)

6 STRATEGIA

Strategialla tarkoitetaan yleisesti suunnitelmaa, jota toteuttamalla pyritään haluttuun päämäärään. Strategian alku pohjautuu sodankäynnin eri skenaarioiden punnitsemiseen ja tätä kautta menestykselliseen kokonaisuuden hallintaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Kilpailutilanteissa kuten shakissa ja strategiapeleissä tavoitteellista on, että oma valinta olisi parempi loppupäätelmältään ja toteutumaltaan kuin kilpailijan, näin selvittää voittajana. Porteri lisäsi tähän vielä ehdoksi, että strategian avulla saavutetaan ainutlaatuinen asema, johon tärkeät askeleet ovat kumulatiivisesti johdattaneet. On tavoiteltu asema sitten voitto tai yrityksen kasvu, niin koko matkan ajan on oltava tiedossa mitä varten ja mihin ollaan menossa. Eikä kilpailijoilla välttämättä ole sama tavoite, vaikka peli tai areena olisi yhteinen. Strategia on yritykselle ”henkilökohtainen” yksilöllinen suunnitelma tavoitteiden saavuttamiseksi tästä syystä huomio pitää keskittää seuraaviin kysymysten pohtimiseen:

- Kuinka voimme olla ainutlaatuisia?
- Kuinka voimme saavuttaa kilpailuedun?
- Kuinka voimme säilyttää kilpailuedun?

Nollasumma

Liikkeenjohdossa usein vaihtoehtoisia skenaarioita on useampia ja hallitsemattomampia. Teollistumisen ja markkinatalouden alkuaikoina hallitseva strategia oli kilpailuasetelma, jossa pelattiin niin sanottua nollasummapeliiä: Ne markkinat, joita saatiin vallattua kilpailijoilta tavalla tai toisella, oli itselle plussaa ja toiselle menetystä. Ajateltiin kilpailun kautta kaikkea tulonjakoa ja yrityksen kasvua, sekä markkinaosuuksien kakunjakoa.

Nash-tasapaino

John Nash kirjoitti 1949 artikkelin, joka ei saanut aikanaan suurta huomiota, mutta palkittiin 45 vuotta myöhemmin 1994 taloustieteen Nobel palkinnolla. Artikkelin käsitteli peliteoriaa, joka sittemmin on ollut olennainen osa strategista liikkeenjohtamista. Peliteorian mukaan voidaan laskea matemaattisesti eri skenaarioiden tasapaino, joka on nollasummaa vastaan tehokkain käytettävä

vaihtoehto, jossa kaikki voittavat eli on Win-Win tilanne ja tällöin puhutaan Nash-tasapainosta. Nash-tasapaino strategiassa toimitaan tilanteesta, jossa kaikkien ”peliin” osallistuvien strategiat ovat sellaiset, että kenenkään ei kannata muuttaa omaa strategiaansa koska häviäisivät tällöin toisille, jotka pitäytyvät alkuperäisessä strategiassaan. Tämähän ei taloustieteessä ole kelvoinen yritysstrategiassa, koska yritystoiminnan elinehto on kasvun ja tuottavuuden lisääminen, ei sen tasapainossa pitäminen.

Selten osapelitäydellisyyskriteeri

Reinhard Selten vuorostaan loi ja kirjoitti 1965 osapelitäydellisyyskriteerin, jonka oli tarkoitus ratkaista ongelma ”talusteoreettisesti epätydyttävistä tasapainoista”. Syntyi uusi käsite osapelitäydellisyyskriteeri, joka mahdollistaa entistä enemmän huomioida strategiassa poliittisia muuttujia kuten uhkaukset, lupaukset ja uskottavuus, joita rationaalinen Nashin-tasapainoteoria ei huomioi. Osapelitäydellisyyskriteeri mahdollistaa formaalin tarkastelun talusteorian avulla talouspolitiikassa, tilanteissa, joissa mielivaltaiset ja ennustamattomat tekijät vaikuttavat lopputuloksiin, kuten esimerkiksi lainsäädäntö, pandemiat ja uusien teknologioiden läpimurrot.

Ennustamattomat tekijät

Lopultakin yritystoiminnassa on aina kyse jonkin asteisesta ”pelistä”, markkinoiden ja menestymisen tavoittelusta, vähintäänkin tasolla, jolla yrittäjä yrittää selviytyä ja saada elantonsa. Kunnes joku toinen usein suurempi ”pelaaja” jonka strategian visio on kasvavampi, tulee ja ottaa kaikki loputkin jaettavasta kakusta itselleen (eikä toteuta Nashin-tasapainoa, joka on talusteoreettisesti epätydyttävää). Seltenin huomio ennustamattomista tekijöistä antaa kuitenkin osviittaa uusien tilaisuuksien muodostumisesta markkinoille satunnaisesti. Näitä ovat ennen kaikkea kehityksen läpimurrot ja sääntelyn (lainsäädännön) muutokset, jotka järjestävät kuvainnollisesti nappulat pelikentälle uusiksi. Tietenkin aiemmin menestyneillä ja vakavaraisilla yrityksillä on paremmat taloudelliset resurssit vastata ja sopeutua näihin teknologisiin ja lainsäädännöllisiin muutoksiin, mutta myös markkinoille ilmestyvillä uusilla toimijoilla raikkain visoin, uuden kaluston ja tarkoituksen mukaisen organisaation voimin on mahdollista lunastaa paikkansa muutostilanteessa myös logistiikkamarkkinoiden-areenalla.

Toimitusketju

Logistiikka on niin suuri, laaja ja moniulotteinen kokonaisuus että harvoilla suurillakaan toimijoilla on kykyä itsenäisesti toteuttaa koko ketjun matkalta palveluja. Tätä on useat aikansa suuret toimijat tavoitelleet aina Henry Fordista alkaen, jona yhtiö kasvatti itse (tuotantoketjun alkupää) kumipuunsa autojensa renkaiden vaatiman kumin tuotannon varmistamiseksi (Bryan 1997). Siksi voidaan sanoa tänä päivänä, että toimitusketju on kumppanien verkosto. Kumppanien, jotka tuottavat hyödykkeitä ja palveluja toisilleen, aina loppuasiakkaalle (tuotantoketjun loppupää) asti lopputuotteeksi. Vasta toimitusketjun lopussa asiakas maksaa koko ketjun kustannukset ja voiton jako on matematiikkaa, joka huomioidaan tuotantoketjun sopimuksia luotaessa. Toimitusketjun jokaisella osalla on vastuullinen osansa kokonaisprosessissa ja näin vuorollaan tuottaa lopputuotteelle lisäarvoa. Lisä arvoa voidaan kutsua panokseksi, on ne sitten tuotannon, logistiikan, materiaalin, informaation tai palveluiden muodossa ja jotain toimitusketjun hallintaa (SCM) suoritettavalla allokointi menetelmällä jaetaan osuudet toimitusketjuun osallistuneiden kesken, tuloksen mahdollistavalla ja panoksen oikeuttamalla osalla. ” Pohjimmiltaan SCM integroi tarjonnan ja kysynnän hallinnan yrityksissä ja niiden välillä palvellakseen loppukäyttäjän tarpeita” (Harrison et.al. 2014).

On olemassa myös voittoa tavoittelemattomia tapauksia yritystoiminnassa kuten Mankala -periaate energiantuotannossa, EAKR -rahoitus kehityshankkeissa, tai kansanterveyden ja paikallishallinnon palveleminen. Näissä kuitenkin ”kasvu” haetaan jatkuvan parantamisen ja kilpailuttamisen keinoin, kun haetaan parempaa vastinetta rahalle, joka maksetaan loppukäyttäjän toimitusketjusta.

Aina kuitenkin fokus tulee pitää toimitusketjun/tuotantoketjun loppupäässä, asiakkaassa joka lopulta maksaa suurenkin ja monimutkaisen prosessin saadessaan hyödykkeen itselleen. Monesti unohdetaan, että prosessi ei ole itsetarkoitus. Loppuasiakkaan -saavutettavuus, -tyytyväisyys ja uusiutuva osto(maksu) käyttäytyminen vain voi taata koko toimitusprosessin elinkelpoisuuden. Jos toimituksessa on mitään reklamoitavaa, toimitus myöhässä tai osa toimituksesta puuttuu, ollaan tilanteessa, jossa on annettu

mahdollisuus kilpailijalle, joka lupaa toimittaa logistiikkatehtävän paremmin. Huomion arvoista on, että usein logistiikan iänikuisilla selityksillä pyritään ehdollistamaan asiakas alempiarvoiseen palveluun, kuten sanomalla: tulli on avoinna vain arkipäivisin, posti kulkee vain parillisin tai parittomin päivin, jakelupiste on avoinna vain liikkeen avoinna olo aikoina... koska näin ei tarvitsisi olla. Myös ympäristön ja kulkuyhteyksien vajavaisuuden ongelmaa pystymme vähentämään, nimittäin droneilla tuotettavan logistiikan avulla.

Asiakaslupaus/arvolupaus/palvelulupaus

Tescolla on tutkittu logistiikan strategisia näkökohtia johtamisen näkökulmasta ja todettu, että myymälässä asiakkaan ojentaessaan kättään hyllyä kohden, jos tuotetta ei hyllyllä olekaan, on sen myynti mahdollisesti menetetty. Tesco on tehnyt tämän seurauksena strategisen päätöksen, "Tesco pyrkii palvelemaan asiakkaidensa tarpeita paremmin kuin kilpailijat" (Harrison et.al. 2014). Ihan näin yksioikoista strategian teko ei ole, mutta case antaa erinomaisen esimerkin asiakaslupauksesta.

PESTEL -analyysi

Markkinoita ja yrityksen toimintaympäristön hahmottamiseen (makroanalyysiin) on monia tapoja. Tavoitteena voidaan pitää minimissään ajan hermoilla pysymistä, strategisesti ajatellen tavoitteena tulisi olla jopa asioiden ennakoiminen ja erilaisten skenaarioiden ennustaminen. Tässä voidaan käyttää hyödyksi PESTEL -analyysiä, joka nostaa esille tai ainakin kehottaa kiinnittämään huomion tekijöihin, joita Selten nimitti osapelitäydellisyysskriteerin tekijöiksi, eli politiikkaa, talouden tilannetta, sosio-kulttuurisia tekijöitä, teknistä kehitystä ja lakimuutoksia. Tällöin tullaan huomioiksi strategiatyössä myös yrityksen ulkopuoliset tekijät, jotka eivät ole yrityksen johdon hallinnassa, mutta vaikuttavat yrityksen menestykseen ja toimintaan. Kyse ei aina ole kyseisen alan ja markkinoiden tilasta, vaan mahdollisesti laajemmasta ja ennustamattomasta tekijästä, joka vaikuttaa asiakkaiden käyttäytymiseen tai kyseisen markkinan dynamiikkaan. Ympäristöanalyysi luo yleensä myös kuvan SWOT -analyysin tapaan: vahvuuksista, heikkouksista, mahdollisuuksista ja riskeistä, joita voidaan hyödyntää tärkeän kestävän kilpailuedun aikaansaamiseksi suoraan tai epäsuorasti yrityksen toimintaan ja tarjoaa

mahdollisuuden areenan hahmottamisen ja tarpeiden kautta muiden yritysten yhteistyöhön.

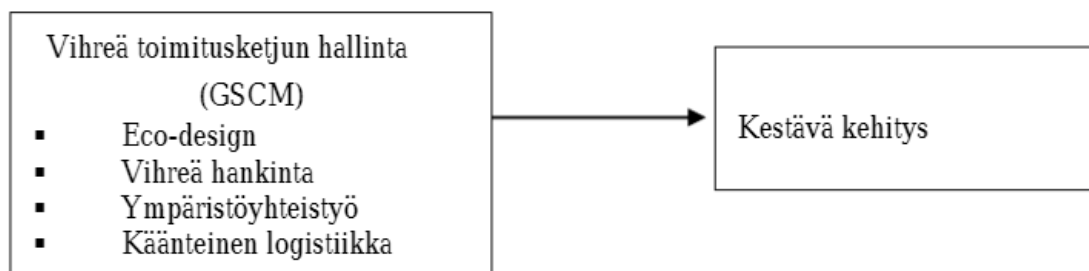
Vihreä -logistiikka/-toimitusketju

Ympäristö asioiden ja kestävän ajattelun myötä loppuasiakkaiden käyttäytymiseen on valintojen muodossa ilmennyt viime aikoina muutoksia. Näiden uusien arvojen ja painotusten tullessa esille asiakkaiden kautta, tekee niistä merkittävämpiä ja huomionarvoisia strategisesti ajatellen, koska kyseessä on yrityksen ansaintalogiikkaan koskettava arvo. Itse tuotteet joutuvat entistä useammin loppuasiakkaiden kriittisen tarkastelun kohteeksi raaka-aineiden ja tuotantopaikan suhteen, tätä kautta myös logistiikan ja toimitusketjun toteutus saa huomion osakseen. Vihreän toimitusketjun hallinta (GSCM) mahdollistaa paitsi oman logistiikkaketjun hallintaa ja hahmottamista, niin myös vaikuttamaan toimitusketjun kaikkien osallistuvien organisaatioiden kokonaisympäristövaikutuksen kokonaisuuden kartoittamiseen. Näin pääsemme askeleen lähemmäksi ”kestäviä arvoja” joita loppuasiakaskin tiedostaen tai tiedostamattaan tulee käyttämään valintojaan tehdessään, usein myös poliittisen ohjauksen mahdollistamien lainsäädännön ja kontribuution muodossa.

Kestävä kehitys

GSCM -käytäntöjä voidaan hyödyntää kestävyiden tavoitteiden edistämiseksi. Vihreän hankinnan ja käänteisen logistiikan huomioiminen alkaa olla nykypäivää ja eilinehto lisääntyvässä määrin liiketaloudelle ja yritysten menestymiselle. Paitsi että kierrätys on tehnyt tuloaan kuluttajakäyttäytymisen ja -kaupankäynnin normiksi, niin käänteinen logistiikka tai paluu logistiikka, joksi sitä myös kutsutaan, alkaa olla kestävyiden mittarina entistä useammin, siirryttäessä kiertotalouteen. Asiakkaat, jotka määrittävät toimitusketjujen eilinehdon ja tuottavuuden, odottavat yksilöllisempää ja tyydyttävämpää palvelua. Oli aika, jolloin netistä saattoi tilata tuotteita, vain todetakseen toimituksen saatuaan sen olevan lähinnä lelu tai pienoismalli tavoitellusta hankinnasta, tai ostaessaan vaatteita ei aasialaiset mitoitukset vastanneetkaan eurooppalaisia tai amerikkalaisia -vastaavia, tilanne pyrittiin unohtamaan ja yrittämään uudelleen. Tänään toimittajien vastuullisuus edellyttää ottamaan

virheellisen toimituksen takaisin ja korjaamaan tuotteen puutteen tai perumaan tilauksen. Lisäksi myös useat ostetut tuotteet pyritään tuottamaan kestävän tuotannon opein toimittajalleen, käyttämään hyödykkeitä pitempiä aikoja ja poistamaan käytöstä. Näistä asioista koostuu käänteinen logistiikka, asiakkaat vaativat yksilöllisempiä ja pienempiä toimituksia, sekä niiden palautus oikeuden tarvittaessa. On laskettu, että kiertotalous tuo EU -markkinoille 1,8 biljoonaa euroa vuoteen 2030 mennessä ja Sitra on arvioinut kiertotalouden tuovan Suomen kansantaloudelle 2,5 miljardia euroa ja 75 000 työpaikkaa (osto&logistiikka, 2017). Usein on kuitenkin myös kommentoitu, että vihreä ostaminen ja käänteinen logistiikka eivät korreloisi kestävän kehityksen tavoitteiden kanssa. Tähän voi olla syynä se, että tuottajat, joiden tulisi tehdä työtä kestävyyden ja suorituskyvyn lisäämiseksi, tekevät sitä lähinnä ekologisen suunnittelun ja ympäristöasioiden pohjalta, eivätkä edistäen kestävämpää ja pidempi-ikäistä tuotetta. Vihreän oston ja käänteisen logistiikan käytäntöjen ja kestävän kehityksen välillä ei nähdä yhteyttä (kuvio 42).

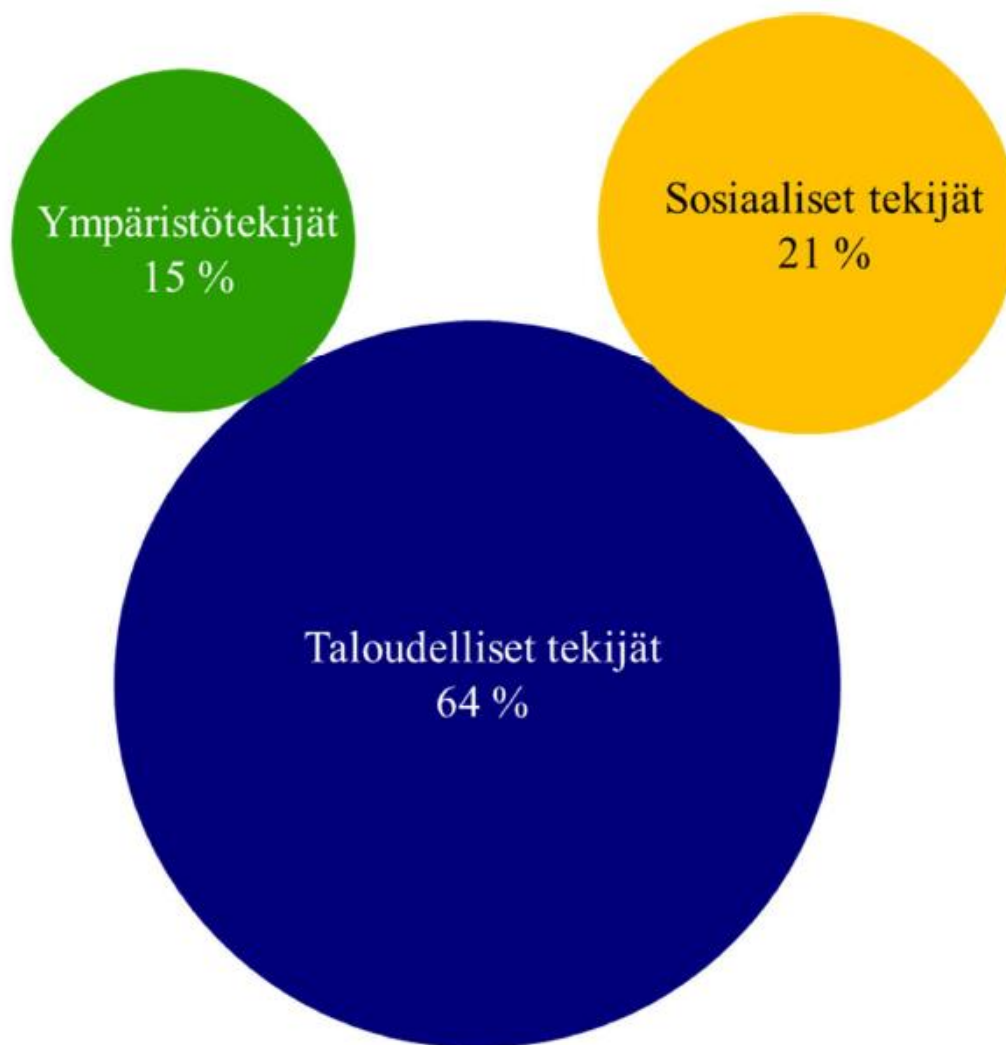


KUVIO 42. Vihreä toimitusketju. (<http://ijfr.sciedupress.com>, Kansainvälinen rahoitustutkimuksen lehti Volia. 10, nro 3, erityisnumero; 2019Julkaissut Sciedu Press 373 ISSN 1923-4023 E-ISSN 1923-4031)

Kolmoistilinpäätös

Ympäristöasiat saavat paljon huomiota osakseen logistiikan yritysten toiminnassa. Laki- ja päästövaatimus- muutokset, ISO 14001 -sertifikaatin vaatimukset ja kestävän kehityksen tavoitteet odottavat paljon jo GSCM -käytäntöjen tuloksilta. Siksi monissa yrityksissä onkin jo siirrytty päätöksenteossa kolmoistilinpäätöksen malliin. Kolmoistilinpäätöksen (Triple bottom line) periaate tarkoittaa tilinpäätöksen taloudellisten tekijöiden lisäksi ottamaan huomioon myös sosiaaliset- ja ympäristö- tekijät (Elkington, 1994).

Kyseisten kolmen tekijän painoarvoa kartoitettiin yritysten strategisten päätösten teossa tehtäessä logistiikkaselvitystä 2018. Tekijöitä pyydettiin arvioimaan millä prosenttiosuudella he muodostivat kokonaisuuden 100 % painottaen kutakin osatekijää (kuvio 43).



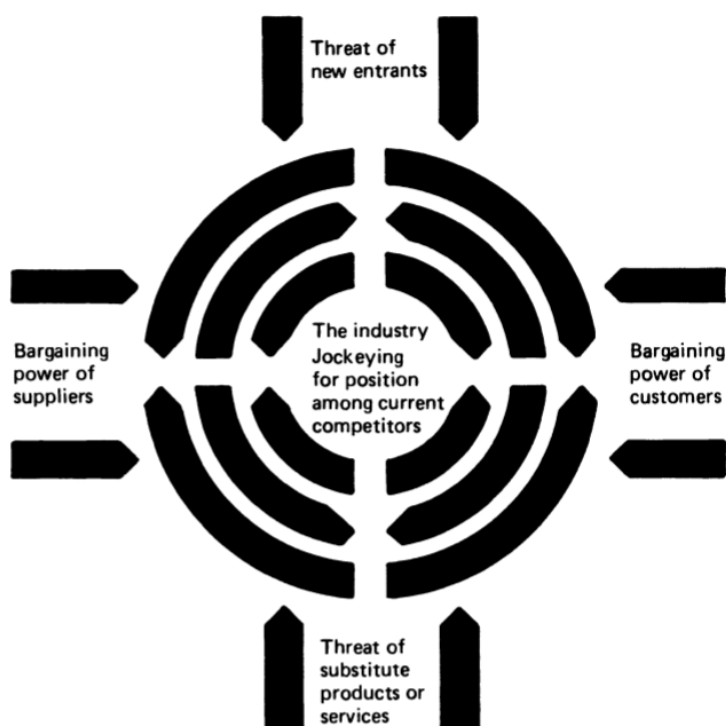
KUVIO 43. Taloudellisten, sosiaalisten ja ympäristötekijöiden vaikutus suomalaisyritysten päätöksentekoon vuonna 2018 (Logistiikkaselvitys 2018, s. 21)

Sosiaalisiin tekijöihin lukeutuivat esimerkiksi työhyvinvoinnin, työturvallisuuden ja ihmisoikeuksien osuus toimitusketjussa. Ympäristötekijöihin laskettiin kuuluvan hiilijalanjälki, ympäristövaikutukset ja elinkaariajattelu. Taloudellisiin tekijöihin kuului esimerkiksi kannattavuus ja kilpailukyky.

Viisi voimaa ja kilpailukyky

Strategian luominen yksinkertaisimmillaan on Porterin (1989) mukaan vastaamista viiteen markkinavoimaan (kuvio 44), jotka vaikuttavat yrityksen toimintaan ne ovat: asiakkaan hintakilpailu voima, toimittajien hintakilpailu voima, korvaavien tuotteiden uhka, uusien tulokkaiden uhka ja kilpailu olemassa olevien kilpailijoiden keskuudessa. Näistä rakentuu osa-alueet, joihin voimavarojen ja järkevän suunnittelun myötä tulee vastata. Näistä myös rakentuu kilpailukyky, jolla markkinoita jaetaan. Panostettaessa esimerkiksi suuresti tuotekehitykseen, vastataan korvaavien tuotteiden uhkaan, varaudutaan uusien tulokkaiden uhkaan ja vastataan olemassa olevaan kilpailutilanteeseen asetetulla panostuksella. Mutta samalla se syö, taloudellisen kyvyn mukaan, mahdollisuuksia vastata asiakkaan tai osatoimittajien hinnankiristys vaatimuksiin. Tavallaan voisi ajatella jaettavan yrityksen sisäisiä resursseja nollasummaperiaatteen mukaan. Lisäksi vielä tulee varautua yllättäviin ennustamattomiin tekijöihin kuten COVID-19 ja uuden teknologian läpimurtoon. Vielä lisäksi on olemassa mahdollisuus, että ollaan tehty päätelmiä väärin taustatietojen pohjalta, harhaanjohtavan kilpailijan tai muun osapelitäydellisyyskriteeriä hyödyntävän tahon toimesta ja fokus strategiassa on virheellinen.

How Competitive Forces Shape Strategy



KUVIO 44. Kilpailukyvyn viisi voimaa. (Porter M.E. (1989) How Competitive Forces Shape Strategy. In: Asch D., Bowman C. (eds) Readings in Strategic Management. Palgrave, London, s. 134)

Strategian luonti malleja on lukematon määrä (kuvio 45), kaikki ovat aikansa esiintymiä ja pyrkivät toinen toistaan paremmin ennustamaan tulevaisuutta.

Strategiakoulukuntia	Strategy as
Design School	A process of conception
Positioning School	An analytical process
Planning School	A formal process
Portfolio approach	Portfolio of investments
Resource-based approach	Competences
Resource dependence	Shared value of stakeholders
Entrepreneurial School	A visionary process
Configuration school	A process of transformation
Transaction-cost approach	Make or buy decisions
Evolutionary school	Variation and selection
Game theory approach	Calculation of moves
Guerrilla approach	Fast utilization of opportunities
Critical school	Questioning of plans
Cognitive school	A mental process
Postmodernism	Every reality is a construct
Cultural school	A social process
Learning school	An emergent process
Systems dynamics	Dynamic interactions
Political school	Networks of coalitions
Identity approach	Driving force of the company
Social constructivism	Shared interpretation frames
Complexity and co-evolution	The future cannot be predicted
Re-constructionist approach	Disruptive innovations

Modified from Jacobs (2010)

KUVIO 45. Strategia koulukuntia. (Jacobs 2010)

Punaisen- ja sinisen meren strategiat

Puhuttaessa punaisen meren strategiasta, tarkoitetaan perinteistä kilpailullista markkinan jakotilannetta. Jaettavat markkinat nähdään kokonaisuutena, josta nollasummapelejä pelataan. Markkinoiden jakotilanteessa, jossa markkina- asemasta kilpaileva yritykset pyrkivät ottamaan itselle mahdollisimman suuren osuuden kaupoista, voittamalla kilpailevien yritysten tarjoukset kilpailussa.

Kilpailla voidaan hinnalla tai kilpailijoista erottamalla esimerkiksi arvovalinnoilla. Punaisen meren strategiassa tiivistyy kilpailijasta saadun tiedon hyväksi käyttäminen, koska näin voidaan optimoida oma kilpaileva tarjous voittamaan nimenomaan kohdennetusti tietty vastatarjous, ei enempää eikä vähempää.

Sinisen meren strategia on lähestymistavaltaan erilainen ja strategian luominen nähdään ratkaisuna asiakkaan esittämille toiveille ja odotuksille. Keskeistä on tarjota jokin uusi arvoinnovaatio, jota asiakkaat arvostavat ja kokevat vastaavan omia arvojaan. Lähtökohtana on, että kyettäisiin tarjoamaan asiakkaille uusi vaihtoehto, ehkä täysin uudenlainen tuote tai vanhan tuotteen erilainen toteutus, jota ennen ei ole ollut saatavissa (laktoositon maito, alkoholiton käsidesi...). Sinisen meren markkinoita voi löytyä myös asioista, joita osa asiakkaista ovat arvopohjaisesti pitäneet ei-vaihtoehtona, kuten sähkö- tai kaasuauto on vaihtoehto perinteisen ”ei dieselille” asiakkaalle.

Kim & Mauborgne esittivät 2007 neljä ohjetta siniselle merelle pääsemiseksi:

- Supista. Mieti mitä tekijöitä tulisi supistaa selvästi alan normaalitasoon verrattuna?
- Poista. Mitkä toimialalla selviöinä pidettävät tekijät tulisi eliminoida?
- Luo. Mitä kyseiselle toimialalle täysin uusia tekijöitä tulisi luoda?
- Korosta. Mitä tekijöitä tulisi korostaa selvästi enemmän kuin alalla yleensä tehdään?

Mainittuja ohjeita noudattamalla tullaan luomaan uudenlainen arvolupaus asiakkaille. Ei kilpailla perinteisellä areenalla, vaan omassa markkinatilanteessa ja omin ehdoin. Saadaan aikaan oma kysyntä, johon voidaan vastata omalla ansaintalogiikalla.

Punaisen meren strategia	Sinisen meren strategia
Kilpaillaan nykyisessä markkinatilassa	Luodaan uusi markkinatila, jossa ei ole kilpailua
Voitetaan kilpailijat	Tehdään kilpailusta merkityksetöntä
Hyödynnetään olemassa olevaa kysyntää	Luodaan uutta kysyntää ja vallataan se itselle
Tehdään arvo tai kustannus - valinta	Vapaudutaan arvo tai kustannus -valinnasta
Yhdensuuntaistetaan yrityksen toiminnot valitun strategian mukaan: differointi TAI alhaiset kustannukset	Yhdensuuntaistetaan yrityksen toiminnot siten, että saavutetaan differointi JA alhaiset kustannukset

KUVIO 46. Punaisen- ja sinisen meren strategioiden vertailu (Koonnut Laukkanen 2012, lähteestä Kim & Mauborgne 2004, s. 81)

Testaa strategiaasi

Jos kuitenkin hyväksymme tietyt tosiasiat, sekä annamme mahdollisuuden arvaamattomille ennustamattomille tekijöille ja pysymme kriittisinä harhaanjohtavista vaikuttamisista. Niin hyvän strategian pitäisi pystyä vastaamaan Magrettan (2012) esittämiin viiteen testiin, joilla sen elinkelpoisuutta voitaisiin objektiivisesti arvioida.

1. Tarvitaan ainutlaatuinen arvolupaus, jolla voi erottautua kilpailijoista.
Onko arvo-/palvelu-/asiakas- lupauksesi kohdennettu oikealle asiakkaalle ja oikeaan, kiinnostavaan hintaan?
2. Arvolupaus pitää myös lunastaa.
Pystytkö lunastamaan lupauksesi paremmin kuin kilpailijat, jotka sitä ehkä yrittävät?
3. Ainutlaatuinen arvolupaus tarvitsee räätälöidyn arvoketjun.
Oletko kyennyt suojaamaan tavalla tai toisella arvoketjusi, jotta sitä kilpailijat eivät helposti kykene kopioimaan?
4. Tehtävä valintoja siitä, mitä ei tehdä!
Oletko optimoinut toimintasi tavoitteeseesi ja ydinosaamisesi palvelemiseksi, sekä karsinut toiminnan rönsyt?
5. Sopivatko tehdyt valinnat yhteen siten, että ne tukevat ja vahvistavat toisiaan? Onko ristiriitoja ja uhkia näkyvissä heti strategian alussa?

Strategian luominen on kiinnostava ja haastava työ, seuraavassa muutaman armoitetun gurun kuvaus mikä strategia on, joten älä masennu vaan luo oma tulevaisuutesi:

Day (1990): Strategia-termillä on yleisessä käytössä niin monia merkityksiä, että se on menettänyt merkityksensä.

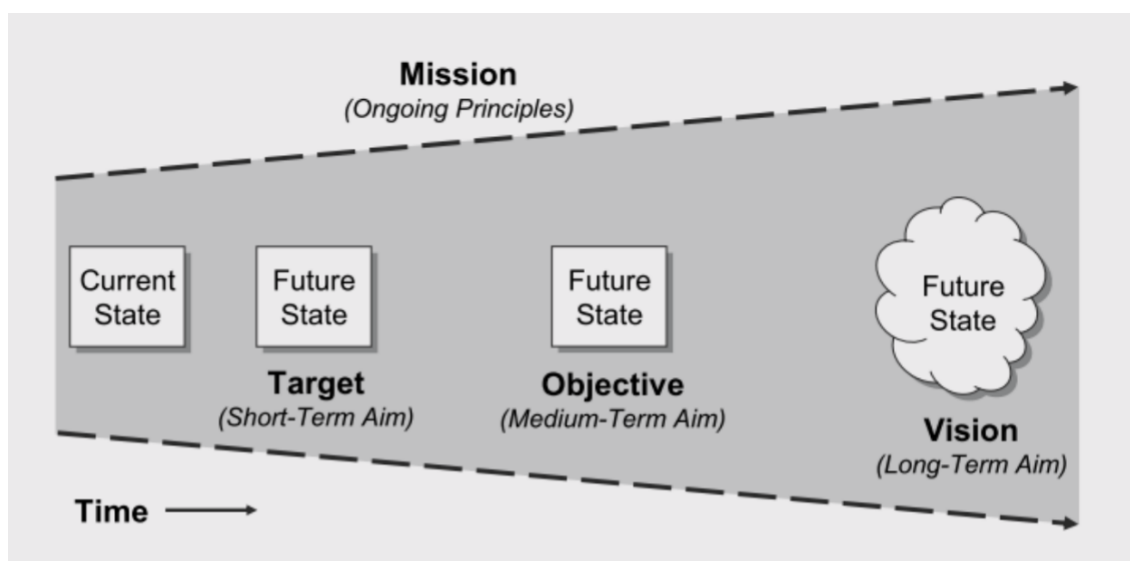
Jacobs (2010) säestää edellisiä: ” Nowadays strategy is synonymous with 'important'. Hence, if you want to something to be taken seriously, label it 'strategic'

Markides (2004) vaatii paluuta perusteisiin: ”..lack of an acceptable definition has opened up the field to an invasion of sexy slogans and terms.”

” Nobody really knows what strategy is.” - The Economist, March 20, 1993

6.1. Visio

Jos tavoitteena on suorittaa uusi tunkeutuminen markkinoille tai uuden konseptin luominen, kuten esimerkiksi droneilla toteutettavan logistiikan, olisi katsottava tulevaan ja kyettävä näkemään millainen toimintaympäristö, markkinatilanne ja asiakkaiden käyttäytyminen sekä -toiveet odottavat alan toimijoita, sekä missä toimintaan ilmaantuu murrosvaiheita (kuvio 47).



KUVIO 47. Vision hahmottaminen tulevaisuudessa (Meyer 2007).

Missio eli matka ajassa hahmotetun vision luokse ei aina ole suoraviivainen, eikä lyhyemmän aikavälin turvinkaan vielä tarkasti ennustettavissa. Mutta tarkkailemalla esimerkiksi yhteiskunnan poliittisia suuntauksia tai asiakkaiden käyttäytymisen (markkinatutkimus) tutkimusta, voimme saada arvokasta tietoa millä tavalla muut ulkoiset tekijät pyrkivät vaikuttamaan tulevaan visioon ja sitä kautta yrityksen strategian luomiseen, jonka tarkoitus vuorostaan on saavuttaa tulevaisuudessa visio yrityksen näkökulmasta mahdollisimman edullisimmassa asemassa.

Tiedämme että tulevaisuudessa tapahtuu muutoksia, joskus tiedämme myös, milloin ja minkä suuntaisia. Näitä muutoksia voidaan käyttää tulevan mission matkalla, kohti tavoiteltavaa visiota välietappeina, jolloin kykenemme tarkastelemaan strategian ”kurssin” oikeellisuutta ja suuntaa kuljettaessa visiota kohden. Tarvittaessa on tehtävä korjausliikkeitä koska markkinatilanne on muuttuva ympäristö. Markkinatilanteeseen ja olemassa olevaan ”kakunjakoon” markkinaosuuksista eri toimijoiden kesken, tulee usein muutoksia näiden välietappien yhteydessä tapahtuvien murrosten myötä. Muutokset aiheuttavat murrosvaiheen, jossa yritykset tekevät strategisia korjauksia ja organisaatio muutoksia omalta osaltaan vastatakseen uuteen tilanteeseen. Vanhaa teknologiaa, toimintatapaa ja kumppanuussopimuksia päivitetään ajan vaatimiksi. Jopa mahdollisesti tuotanto- ja toimitus- ketjuja räätälöidään yritysten omien muuttuneiden strategioiden mukaisiksi, uusien vaatimusten voimasta. Yritys, jonka strategia on ollut hyvä ja kyvykäs hahmottamaan tulevan murroksen ajoissa, sekä organisaatio ja kalusto mukautuvia, selviää yleensä murroksista kivuttomimmin. Joissain tilanteissa uudet ”pelurit” eli markkinoille tunkeutijat odottavat juuri kyseisiä murroksia, joissa näkevät oman toimintakyvyn tilanteeseen ja tulevaisuuteen kyvykkäämpänä kuin ennen murrosta markkinoilla toimivilla yrityksillä, jotka joutuvat mukautumaan uusiin odotuksiin ja sääntöihin. Muutokset yleensä vievät voimia ja maksavat.

Voisimme ruveta luomaan visiota tarkastelemalla, mitä poliittiset toimijat ovat esittäneet omia näkemyksiään ja tavoitteitaan esimerkiksi hiilidioksidi päästöjen suhteen (kuva x):

- Norja on ilmoittanut tavoittelevansa lyhyenmatkan lentojen sähköistämistä 100 %: sesti vuoteen 2040 mennessä.
- Ruotsi tavoittelee paikallislentojen fossiilivapautta vuoteen 2030 ja kaikkien Ruotsista lähtevien kansainvälisten lentojen vuoteen 2045 mennessä.
- Suomen hallituksen ilmastopolitiikka on ”kohti hiilineutraalia Suomea 2035”.
- Kaikesta lentoliikenteestä 50 % hiilidioksidipäästöistä syntyy lyhyillä alle 3.000 kilometrin reiteillä.

Jan 18, 2018

The Guardian

Air transport

Norway aims for all short-haul flights to be 100% electric by 2040

It already has more electric cars than any other country in the world

Fossiilittoman liikenteen tiekartta

LYM050:00/2019 KEHITTÄMINEN

Säästövoimien ja kehittämissä välttämättömyyksiä

<https://vaatimukset.fi/katse?tuus=LUM0-00/2019>

Sanna Marinin hallitusohjelman mukaan tällä hallituskaudella luodaan tiekartta fossiilittomaan liikenteeseen. Tiekartassa esitetään keinot, joilla kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt puolitetaan vuoteen 2030 mennessä ja liikenne muutetaan nollapäästöiseksi viimeistään vuoteen 2045 mennessä. Tiekartassa tarkastellaan myös kv. liikennettä.

**Länsinaapuria uhkaa päästösoppa - Arvio:
Ruotsin on kiristettävä vähennystahtiaan kohta nelinkertaiseksi**

23.3.2020 07:30 **Auto** **Väpärästä**

Ruotsin tavoite on vähentää liikenteen päästöjä 70 prosenttia vuoteen 2030 mennessä suhteessa vuoden 2010 päästötason. Toistaiseksi tavoitteesta on saavutettu noin 22 prosenttia, ja nykytoimet riittävät 40 prosentin päästövähennykseen, Trafikverket arvioi. **Uusia keinoja tarvitaan etenkin liikenteen ja kuljetusten tehostamiseen.**

KUVIO 48. Mediassa julkitulleita päästötavoitteita (The Guardian, Trafikverket, Suomen säädöskokoelma, Yle)

Edellä on esitetty erilaisia tavoitteita liikenteen päästöjen vähentämiseksi, joten on odotettavissa, että näiden tavoitteiden saavuttamiseksi tullaan myös ohjaamaan jollakin lainsäädännöllisin ja mahdollisesti verotuksellisin toimin. Eli niihin valmistautuminen ei liene ylireagoointia. Luvussa 5.4 Logistisen areenan

tunnusluvut ja näkymät, tuotiin esille myös muutoksia, jotka ovat odottavia murroskohtien mahdollisia esiintymisilmiöitä kuten:

- Varastointikäyttäytymisen ja tarpeen muutoksia.
- Polttoaineiden ja energian hintojen muutoksia.
- Tuotantotilanteen ja markkinoiden käyttäytymisen muutoksia.
- Verkkokaupan lisääntymisen muutoksia.
- Ketterän toimintatavan lisääntymisen mukanaan tuomia muutoksia.
- Sähköisten alustatalouden mukanaan tuomia muutoksia.
- Hinta-, palvelu- ja laatu- kilpailun mukanaan tuomia muutoksia.

Myös luvussa 5.2 kaupan ja logistiikan toimintamallit, tuotiin esille toimintamalleja sekä asiakkaiden suhtautumista niihin. Muutoksia on tapahtumassa myös asiakaskäyttäytymisessä ja sitä kautta toimintamallien suhteen, sekä muutoksien myötä mahdollisia murrosvaiheita markkinoilla. Amazon on esitellyt jo omia ratkaisujaan ja ilmaissut olevansa valmistautunut tulevaan muutokseen ottamalla dronet osaksi logistiikkaratkaisuaan. Google (Alphabet), DHL, UPS ja useat muut ovat ilmoittaneet seuraavansa drone logistiikan tilannetta kiinnostuneina, mukaan lukien omat kokeilunsa alalla. Miksi näin ja mitä on odotettavissa? On todennäköistä että syyt ovat osaksi samoja, joita jo aiemmin tässä luvussa esiteltiin, sekä tulossaan oleva teknologisen kehityksen mahdollistama kustannushyöty ja tietotekniikka, joka on saavutettavissa ketterällä logistiikkaratkaisulla droneilla. Listausta syistä, jotka auttavat tulevan vision näkemistä drone myönteisessä skenaariossa:

- Dronit ovat tulossa yhä autonomisemmiksi.
- Keinotekoinen älykkyyden (AI) droneille, kuten VO navigoinnissa.
- IoT ja konnektiikka eli koneiden tietoisuus toisistaan lisääntyy.
- Alustatalouden kasvu.
- Verkkokaupan lisääntyminen.
- Lähetys ja vastaanotto henkilökohtaisiksi tapahtumiksi.
- Toimitusten palvelupisteiden hajaantuminen ja hallinta.
- Ensimmäisen ja viimeisen etapin toimitukset.
- Käänteinen-/paluu- logistiikka.

Miksi logistiikkaa ilmaitse?

Nyt on esitetty poliittisia-, teknisiä- ja markkina- lähtöisiä argumentteja, jotka saattavat vaikuttaa päätöksiin visiosta ja tämän seurauksena strategian luomiseen. Seuraavana esitetään syitä, joita lukija voi punnita opinnäytetyössä esiteltyin perustein tapauskohtaisesti ja tarpeen mukaan, visiotaan luodessaan. Argumentteja, jotka puoltavat ilmaitse liikkuvaa logistiikkaa:

- Maaliikenteen ruuhkautuminen.
- Infrastruktuurin muutos ja rajoitteet.
- Skaalautuvuus ja muokattavuus.
- Poikkeustapausten palveltavuus.
- Esteiden välttäminen.
- Saavutettavuus.
- Polttoainetaloudellisuus.
- Huoltokustannusten alentaminen.
- Taloudellinen kannattavuus.
- Kiinnostavuus osana toimitusketjua.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön laajuuden ja monitahoisuuden huomioiden olisi ollut ehkä tarpeen aiheesta tehdä useampia ja paremmin kohdennettuja opinnäytetöitä.

Tilanne, jossa opinnäytetyötä aloitettiin tekemään, oli työn kannalta monien muutosten toteutuman ajankohta. Ilmaliikenne lainsäädäntö ja OPS M1-32 kokevat muutoksen heinäkuun alusta lähtien. Tieliikennelaki koki uudistuksen kesäkuun alusta. Logistiikassa, kaupassa ja koko yhteiskunnan toiminnassa tuli pysähtyneisyys ja uudelleen harkinnan paikka COVID-19 pandemian myötä maaliskuusta alkaen. Useat yritykset kokivat taloudellisia haasteita, joita ei aiemmin ole osattu edes ennakoida, ainakaan toteutuneessa mittakaavassa. Niin myös TAMK oppilaitoksena, sekä kirjastot ja virastot joutuivat sulkemaan ovensa kevääksi maaliskuusta alkaen. Samalla hetki oli mitä otollisin olemassa olevan toimintaperiaatteen läpikäymiseksi ja analysoimiseksi, sekä uuden vaihtoehdoisen ratkaisun tarkastelemiseksi. Opinnäytetyön tekijä on joskus todennut tämän opinnäytetyön tulleen puolivuotta myöhässä, koska drone logistiikalle olisi ollut kysyntää karenskien ja liikkumisrajoitusten kiertämiseksi, vaikka kirjastopalveluiden hyödyntämiseksi ja aineistojen keräämisen mahdollistamiseksi. Sitä drone palvelut ovat myös tulevaisuudessa, uusien mahdollisten pandemioiden ilmentyessä ja COVID-19 tapauksessa uusista aalloista puhuttaessa on hyvä huomioida, että dronekalusto on helppo desinfioida esimerkiksi ultraviolettivalolla (UVC) tai otsonoinnilla, tällöin droneilla toteutettu kuriiripalvelu saanut uuden merkittävän arvon palvelu tarjontaansa.

Lähtökohtaisesti tavoitteena oli ollut Tampereen seudun alueella tapahtuvan drone logistiikka ratkaisujen tutkiminen. Joka johtikin jo nopeasti alkuvaiheessa kansallisiin ja kansainvälisiin huomioihin aiheessa, josta kukaan ei tunnu rakentaneen vakaata termistöä ja käytäntöjä. Tämä tuli ilmi niin sanastossa, lainsäädännöissä ja mitta-astekoissa saaden tarkastamaan lähteitä kerta toisensa jälkeen varmistuakseen oikeasta tulkinnasta asioihin. Aiheen kasvaessa väistämättä ”Tampereen seutua” suuremmaksi oli vaikea tarkastella asioita vain yhdeltä näkökulmalta.

Logistiikan kapasiteetin siirtämistä osaksi dronein kuljetettavaksi osoittautui opinnäytetyössä mahdolliseksi ja saatavilla olevin tutkimustiedoin osalle yrityksistä kannattavaksi vaihtoehdoksi, jos yhteiskunnan ja lainsäädännön fasilitetit kyseiselle logistiikkamuodolle mahdollistuisivat. Taajama alueille ilmaliikenteen lupien saaminen, varsinkin Tampereen kaupunkialueelle, joka sijaitsee Pirkkalan sotilaslentokentän turva-alueen läheisyydessä ja on ILS-tutkan rajaamassa suunnassa lainsäädännöllisesti hankala. Useat logistiikkakeskukset, jotka ovat valinneet sijoituksensa lentokentän läheisyydestä, ovat näin myös nykyisen lainsäädännön puitteissa tulleet rajoittaneeksi drone logistiikan hyödyntämistä tulevaisuudessa osaltaan ja sijainnistaan. Vaihtoehtoisesti yritykset, jotka voivat toimia kyseisen rajoitusalueen ja taajaman ulkopuolella, voisivat hyödyntää dronein toimitettavan jakelu- ja pienlogistiikan etuja runkologistiikkansa hajauttamisessa ja varastosta jakelussa. Myös Amazonin näkemys viimeisen mailin toimituksista, näyttäisi toimivalta konseptilta Pyhäjärven pohjoispuolella tapahtuvalla ilma-alueella maantieteellisesti. Myös niin sanottujen, tiettyä reittiä aikataulutettujen toimitusten sopiminen voisi ilmavalvonnalla toimijoiden kanssa olla mahdollista, mutta tämä poissulkisi drone logistiikan nopeat pikatoimitukset ja tarkasti aikataulutettu optimoitu kapasiteettiohjattu rahtilinja on tällaisessa tapauksessa esimerkiksi autoilla toimien kannattavaa. Drone logistiikan edut, saatavuus ja nopea vasteaika, eivät pääse edukseen toimimaan rajoitetuin aikatauluin ja reittivalinnoin.

Drooneilla toimiva logistiikka, jos toiminnalla voidaan palvella asiakkaita, jotka ovat arvostaneet saatavuuden ja nopeuden tavoiteltaviksi arvoiksi, voivat ilmateitse toimivan pienlogistiikan toteutuksella saavuttaa paitsi merkittäviä säästöjä päästöjen suhteen, niin myös säästöjä taloudellisesti, kun huomioimme toimituksen vaatiman ihmistyövoiman vaikutuksen yhtälössä. Nämä uudet arvot luovat mahdollisuuksia markkinaosuuden uusjaossa. Tällöin voi hyvinkin kannattaa yrittää todellista läpimurtoa hyödyntäen sekä teknologisessa murroksessa että lainsäädännön ja infrastruktuurin kehityksessä tapahtuvia muutoksia, joissa joka tapauksessa logistiikan toteutukselle haetaan vaihtoehtoisia ratkaisuja. Myös poliittinen paine muutokselle on havaittavissa sekä päästöjen että kestävän toiminnan puitteissa.

Vertailu perinteisen logistiikan ja drone logistiikan kesken muuttui jo aikaisessa vaiheessa yhteiskehittämispajojen ja sieltä ammennettujen muutoksen indikaattoreiden sekä alalla vaikuttavien muutostekijöiden myötä enemmänkin toisiaan täydentäviksi toimitusmuodoiksi. Kumpikaan ei yksin tule palvelemaan tulevaisuudessa asiakkaitaan tyydyttävästi kaupan monimuotoisuuden ja asiakkaiden arvomuutosten mukanaan tuomista haasteista paluulogistiikka vaatimuksineen. Toisaalta toistensa hyödyntäminen kulloisessakin tilanteessa, voisi saada jopa etulyöntiaseman aikaan tarjouskilpailussa perinteisten kilpailijoiden seurassa. Drone logistiikalle löytyy tietyin rajauksin pohjaa myös kannattavaan ja kokonaistaloudelliseen toimintaan, tällöin kuitenkin yrityksen antama palvelu- tai arvolupaus tulisi olla saman pohjainen kuin loppuasiakkaan arvot, vastoin kuin perinteisen logistiikan volyyymiin ja täyttöasteeseen pohjautuva ansaintalogiikka. Indikaattorit, joilla logistiikan eri muotoja olisi voitu tyydyttävästi vertailla oli miltei mahdotonta löytää, eikä ole edes tarpeen, koska kumpikaan ei ole toistaan syrjäyttämässä, niin vastakkainasettelu tuntui tarpeettomalta, kuten sinisen meren strategiaan kuuluukin. Tarvittavat muutostekijät joita ”kirkkaan vision” luomiseksi tarvitaan, on tällä hetkellä lainsäädännöissä valmisteilla, niin Suomen, Euroopan kuin globaalillakin tasolla. Maailma ei COVID-19 pandemian jäljiltä lukuisien asiantuntijoiden mukaan palaa entiselleen. Herää kysymys millaiseksi se sitten muodostuu, kun tuotannon ja yhteiskunnan rattaat jälleen käynnistyvät? Strategiatyö on tulevaisuudessa vision ja siihen johtavan polun osalta entistäkin kiinnostavampaa ja jännittävää, mutta varmasti palkitsevaa. Mahdollisuudet markkinoiden murroskohtiin, joihin tarttua ja niistä hyötyä, on nykyhetkellä huomattavat. Tämä opinnäytetyö ei edes pyri antamaan strategisia neuvoja liiketoiminnan huomattavien voittojen saavuttamiseksi, koska vastaavasti tarvitsisi tehdä toinen vastaava työ vastuuvapauden ilmaisemiseksi. Mutta aineiston uskotaan antavan vihjeitä ”suunnasta ja nopeudesta” johon me kaikki ollaan matkalla, tavalla tai toisella.

Tulevaa kehitystä lainsäädännöllisesti ja teknologisesti on vaikea ennakoida, mutta en pidä mahdottomana, etteikö tulevaisuudessa myös raskaampi ja pidemmän matkan logistiikka alkaisi hyödyntämään säästöpotentiaalia droonein toimittaessa yläilmakehissä. Tuntuu ilmiselvältä kehityssuunnalta, että ihmisen läsnäolo yhtenä isona riskitekijänä lentoliikenteessä haluttaisiin eliminoida

logistiikasta puhuttaessa. Automaation tarkkuus ja virheettömyys, fyysikaalinen suorituskyky ja riskien minimointi on jo ohjannut yläilmakehän tutkimus ja mittaustoimenpiteitä dronetoiminnan suuntaan. Yksinkertaisesta jo siitä syystä, että hauras, virheille altis ja arvaamaton ihminen tarvitsee ympärilleen paineistetun ympäristön toimiakseen.

Johtopäätöksenä voidaan mainita, että tulevat lainsäädännölliset linjaukset ja muutokset määrittävät suuresti dronien yleistymistä logistiikassa ja muussa palvelutoiminnassa. Teknologian edistyminen, tuotantotekniikan taloudellisuus ja automaation aste, eivät ole uuden tekniikan läpimurrolle pullonkaulana. Mahdollisuus hyödyntää myös ylempiä lentokorkeuksia ja parvitekniikkaa antaisivat aivan uuden tason ja kyvyn luoda palveluita dronein toteutettuina, tavoilla mitä ei vielä osata edes visioida. Logistiikan on tulevaisuudessa kyettävä vastaamaan useisiin haasteisiin, kuten päästöjen alentaminen, vihreä logistiikka, kestävätuotanto ja paluulogistiikka. Logistiikan on samaan aikaan myös mukauduttava muutoksiin verkkokaupassa, alustataloudessa ja kuluttajakäyttäytymisessä. Pidän todennäköisenä drone logistiikan ratkaisevan osan näistä haasteista. Pidän todennäköisenä myös, että toimijat, jotka lanseeraavat uuden arvoinnovaation kuluttajille toimien pioneerina, saavat ensinnäkin etulyöntiaseman uusille markkinoille, sekä luovat suuntaviivat siihen liittyville käytänteille, joista on suuri mahdollisuus muodostua ”de facto” alalle, jota ei juridisesti vielä edes kaikilta osin ole olemassa.

Jatkotutkimuksille olisi tilaus lainsäädännön selkiytyessä kesällä 2020. Mahdollisesti tilanteessa, jossa työn tilaajana olisi jokin ulkopuolinen taho, joka antaisi selkeän tavoitteen ja näkökulman tavoitteellisesti etsiä ratkaisua logistiikan ratkaisemiseen ja strategian kohdentamiseen esimerkiksi tietylle yritykselle, voisi antaa vastaavaan YAMK-opinnäytteeseen selkeämmän katsontakulman ja mahdollisuuden arvoinnovoinnille, joita punnita tavoitteellisesti. Nyt opinnäytettä Tampereen ammattikorkeakoululle tehdessä, tuli eteen muutamaan kertaan ajatus ja punninta, työn tavoitteen, arvojen ja näkökulman valinnan vaikeudesta, koska ei ollut ”asiakasta” jolle ratkaisujaan perustelisi oikeassa valossa. Täytyi tyytyä vain siihen vaikeimpaan analysoinnin muotoon, objektiivisuuteen.

LÄHTEET

Ahlqvist, K. (2015). Palvelut ovat merkittävä osa kotitalouksien kulutusta. Saatavissa(viitattu 4.7.2018):
<https://media.sitra.fi/2017/02/27175308/Selvityksia117-3.pdf>.

Austin 2010. (Austin 2010) Unmanned Aircraft Systems, UAVS Design, Development and Deployment, John Wiley & Sons Ltd. 2010, ISBN 9780470058190

Bryan 1997 (Bryan, 1997. Beyond The Model T, The Other Ventyres of Henry Ford, s.152. Wayne State University Press)

Chicago 1944. (Chicago 1944) Kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimus.
https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1978/19780058/19780058_2#idp447199344

DiVA. (DiVA a). Flygskam, saatavissa (15.5.2020)
<http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1385153&dswid=-4211>

Dronekartta. (Dronekartta) Aviamaps,
<https://aviamaps.com/map?drone#p=3.69/64.96/26.1>

Harrison et.al. 2014 (Harrison et.al. 2014) Logistiikan hallinta ja strategia 5. painos: Kilpailee toimitusketjun kautta, Pearson Education UK, 2014. ProQuest Ebook Central,
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/tampere/detail.action?docID=5137966>

Hill. (Hill et al.1997 s. 46-52). SWOT –analyysi, analysis: It's time for a product recall Hill, Terry ; Westbrook, Roy Long Range Planning, 1997, Vol.30(1)

Karrus. LOGISTIikka 3. uud. pain., Kaij E. Karrus ja Werner Söderström Osakeyhtiö 2001.
ISBN 951-0-25497-5

Kielikello. (Kielikello a). Drone vai drooni, saatavissa (viitattu 24.4.2020)
<https://www.kielikello.fi/-/drone-vai-drooni->

Kotimaisten kielten keskus. (Kotus). Drone, saatavissa (viitattu 24.4.2020)
<https://www.kotus.fi/haku?searchterms=drone>

Logistiikan Maailma. (2018a). Logistiikka, Saatavissa (viitattu 24.4.2020):
<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/>

Logistiikan Maailma. (2018b). Täyttöaste, saatavissa (viitattu 15.6.2020):
<http://www.logistiikanmaailma.fi/aineistot/sanastot/logistiikan-maailma-termisanasto/>

Nonami et.al. 2010. Autonomous Flying Robots. Unmanned Aerial Vehicles and Micro Aerial Vehicles. Springer Tokyo Dordrecht Heidelberg London New York, ISBN 978-4-431-53855-4

OAMK. (OAMK). Vertaisarviointi, saatavissa (25.4.2020)
<https://www.oamk.fi/files/1315/5429/6493/virtanen-ym.pdf>

Osto&logistiikka 2017, Logistiikka muuttuu kaksi suuntaiseksi. Saatavissa 31.5.2020.
<https://www.ostologistiikka.fi/etusivu/logistiikka-muuttuu-kaksisuuntaiseksi>

Perälä. (Perälä, 2011. s.6-7). Pilotointiryhmä, saatavissa (25.4.2020)
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27101/Perala_Jaana.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Porter M.E. (1989) How Competitive Forces Shape Strategy. In: Asch D., Bowman C. (eds) Readings in Strategic Management. Palgrave, London

Saunders, (Saunders et. al.2009), Research methods for business students, fifth ed., Pearson Education Limited 2009, Harlow England.
 ISBN: 978-0-273-71686-0

Solakivi et.al. (Logistiikkaselvitys 2018), saatavissa (15.5.2020)
<https://blogit.utu.fi/logistiikkaselvitys/wp-content/uploads/sites/92/2019/01/Logistiikkaselvitys-2018-FINAL.pdf>

The Geological Society of America. (The Geological Society of America). Stereogrammetria ja LIDAR, saatavissa (15.5.2020)
https://www.researchgate.net/profile/Benjamin_Jordan4/publication/280092148_A_bird's-eye_view_of_geology_The_use_of_micro_dronesUAVs_in_geologic_fieldwork_and_education/links/56efaae808aea35d5b9a6299/A-birds-eye-view-of-geology-The-use-of-micro-drones-UAVs-in-geologic-fieldwork-and-education.pdf

Tuni. (Tuni a). Triangulaatio, saatavissa (viitattu 24.4.2020)
https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L2_3_2_4.html

Tuni. (Tuni b). Puolistrukturoitu, saatavissa (viitattu 25.4.2020)
https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_3.html

Tuni. (Tuni c). Reflektointi, saatavissa (viitattu 25.4.2020)
https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L3_3_3.html