



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# AUTOMAATION HYÖDYNTÄMIS- MAHDOLLISUUDET NURMI- JA PUISTOALUEIDEN HOITOPALVE- LUISSA

TEKIJÄ: Olli Pulli

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Olli Pulli	
Työn nimi Automaation hyödyntämismahdollisuudet nurmi- ja puistoalueiden hoitopalveluissa	
Päiväys	27.05.2019
Sivumäärä/Liitteet	47
Ohjaajat Yliopettaja Pasi Pajula ja tuntiopettaja Juha-Matti Aalto	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Destoa Oy/ Oiva Huuskonen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Viheralueiden merkitys osana kaupunkisuunnittelua on kasvanut viime vuosien aikana suuresti. Viheralueita halutaan rakentaa kaupunkien yhteyteen luomaan viihtyvyyttä ja tarjoamaan asukkaille virkistätymisalueita. Luonto halutaan tuoda kaupunkirakenteen yhteyteen yhdistämään viheralueet ja rakennettu ympäristö toisiinsa, sillä kasvillisuuden ja vihreän ympäristön on todettu vaikuttavan monipuolisesti ihmisten hyvinvointiin. Viheralueiden hoidon ja kunnossapidon suuret kulut ovat kuitenkin pakottaneet kaupungit ja kunnat ulkoistamaan sekä kilpailuttamaan nämä työt. Tämän vuoksi kaupungit laativat alueurakoita, jotka se kilpailuttaa aliurakoitsijoiden kesken. Varsinkin kesäisin hoidettavia alueita on paljon, mikä syö urakoitsijan resursseja merkittävästi. Tämä asetelma luo edellytykset automaatiotekniikan hyödyntämiselle viheralueiden hoitotyössä.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella automaatiotekniikan hyödyntämismahdollisuuksia ja soveltuvuutta nurmi- ja puistoalueiden hoitopalveluissa. Työssä perehdyttiin robotiikan soveltuvuuteen sekä taloudellisuuteen muun muassa puistoalueiden sekä moottoriteiden väliskaistaleiden hoitotyössä. Tarkastelussa haluttiin selvittää, kuinka suuri investointi robotiikan lisääminen olisi sekä mitä sillä saavutettaisiin. Soveltuvuutta arvioitiin perehtymällä saatavilla olevien laitteiden ominaisuuksiin sekä kunnossapidon laatuvaatimuksiin. Tarkastelu kohdennettiin Varkaudessa käynnissä olevalle kaupunkiurakalle, jonka avulla voitiin konkreettisesti verrata nykyisten työmenetelmien ja robotiikalla saavutettavan työn taloudellisuutta.</p> <p>Työn tuloksena tehtiin esitys automaation edistämisestä sekä suositukset käyttöön saattamisesta. Tuloksissa esiteltiin useampia suurille alueille tarkoitettuja nykyaikaisia autonomisia robottileikkureita sekä radio-ohjattava Spider ILD02 -niittorobotti. Laiteratkaisuista Spider ILD02 -niittorobotti nousi ylitse muiden, sillä laite on monikäyttöinen lisävarusteiden ansiosta. Sen hyödynnettävyys on aivan eri luokkaa kuin mitä se on täysin autonomisilla pienemmillä robottileikkureilla. Kauko-ohjattava niittorobotti lisäisi myös merkittävästi työturvallisuutta ja parantaisi työn tehokkuutta.</p>	
Avainsanat viheralue, kunnossapito, robotiikka, alueurakointi, robottiruohonleikkuri	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author Olli Pulli			
Title of Thesis Potential Use of Automation in Park Area Services			
Date	27 May 2019	Pages/Appendices	47
Supervisors Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer and Mr. Juha-Matti Aalto, Lecturer			
Client Organisation /Partners Destia Oy/Oiva Huuskonen			
<p><b>Abstract</b></p> <p>The meaning of green spaces as part of urban planning has increased significantly in recent years. Green spaces are built around cities to create comfort and provide recreational areas for residents. Vegetation and the green environment have been found to have multiple effects on human well-being, which is why nature is being incorporated into urban structures. The high costs of green space management and maintenance have forced cities and municipalities to outsource and invite to tender for these jobs. As a result, cities create contracts that are invited to tender between subcontractors. Especially in the summer, there are a lot of green spaces to be managed, which significantly reduces the contractor's resources. This situation creates the conditions for utilizing automation technology in green space maintenance. The aim of this thesis was to examine the possibilities of utilizing automation technology and its feasibility for grassland and parkland management services. The goal was to examine what could be achieved by utilizing automation and how much investments it requires.</p> <p>The feasibility was estimated by studying the properties of robotic lawnmowers and the quality requirements of green space management. The review focused on the ongoing contract in the city of Varkaus to compare the cost-effectiveness of existing working methods with the work of robotics. The feasibility was also estimated by interviewing importers and investigating robotic lawnmower solutions offered by various importers. The evaluation was carried out according to the customer's wishes and the quality requirements for the maintenance of green spaces.</p> <p>As a result, a proposal was made for utilizing automation. The results included modern robotic lawnmowers for large areas and a remote- controlled Spider ILD02. Compared to other robotic solutions, Spider ILD02 stood out clearly because the device is versatile and offers good accessories. Remote-controlled robotic lawnmowers would also significantly increase occupational safety and work efficiency.</p>			
<p><b>Keywords</b> green space, maintenance, robotics, regional contracting, robotic lawnmower</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	YLEISKUVAUS TILAAJAPUOLESTA.....	7
2.1	Destia osana liikenneympäristön kunnossapitoa .....	7
2.2	Tiestön hoidon alueurakat .....	7
3	VIHERALUEIDEN MERKITYS .....	10
3.1	Viheralueiden merkitys osana kaupunkisuunnittelua .....	10
3.2	Puistosuunnittelu .....	10
4	VIHERALUEIDEN KUNNOSSAPITO.....	11
4.1	Maanteiden viheralueiden hoitoluokat .....	11
4.2	Viherympäristöliiton viheralueiden hoitoluokitukset.....	12
4.3	Nurmetuksen hoito .....	15
4.4	Viheralueiden puhtaanapito .....	18
5	ROBOTIIKAN MERKITYS VIHERHOIDON NÄKÖKULMASTA .....	20
5.1	Liikenneturvallisuus.....	22
5.2	Työturvallisuus .....	23
6	KORVAAVIA LAITERATKAISUJA KUNNOSSAPIDON KÄYTTÖÖN.....	25
6.1	Robottiruohonleikkurit .....	25
6.2	Niittorobotit .....	26
7	ROBOTIIKASTA YLEISESTI.....	27
8	ROBOTIIKKA MUILLA ALOILLA .....	28
8.1	Teollisuusrobotiikka.....	28
8.2	Palvelurobotiikka.....	28
8.3	Kenttärobotiikka.....	29
8.3.1	Kaivoskoneet .....	29
8.3.2	Metsätalous .....	30
8.3.3	Maatalous.....	30
8.3.4	Maarakennus .....	30
9	VARKAUDEN KAUPUNKIALUEURAKKA .....	32
9.1	Itsenäisyyden puisto .....	34
9.2	Walterin puisto .....	34
9.3	Nykyiset toimintamenetelmät.....	35

10	ESITYS ROBOTIIKAN KÄYTTÖÖNSAATTAMISESTA .....	37
10.1	Heti saatavilla olevat laiteratkaisut .....	37
10.1.1	Spider ILD02 -niittorobotti .....	37
10.1.2	TurfLynx-autonominen leikkuri .....	39
10.1.3	Ambrogio L400 -robottiruohonleikkuri .....	39
10.1.4	BigMow-robottiruohonleikkuri .....	41
10.2	Laitteiden tehokkuuksien vertailua .....	42
11	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	44
	LÄHTEET .....	46

## 1 JOHDANTO

Viheralueiden merkitys osana kaupunkisuunnittelua on kasvanut viime vuosien aikana suuresti. Viheralueita halutaan rakentaa kaupunkien yhteyteen luomaan viihtyvyyttä ja tarjoamaan asukkaille virkistätymisalueita. Luonto halutaan tuoda kaupunkirakenteen yhteyteen yhdistämään viheralueet ja rakennettu ympäristö toisiinsa, sillä kasvillisuuden ja vihreän ympäristön on todettu vaikuttavan monipuolisesti ihmisten hyvinvointiin. Viheralueiden hoidon ja kunnossapidon suuret kulut ovat kuitenkin pakottaneet kaupungit ja kunnat ulkoistamaan sekä kilpailuttamaan nämä työt. Tämän vuoksi kaupungit laativat alueurakoita, jotka se kilpailuttaa aliurakoitsijoiden kesken. Varsinkin kesäisin hoidettavia alueita on kuitenkin paljon, mikä syö urakoitsijan resursseja merkittävästi. Tämä asetelma luo edellytykset automaatiotekniikan hyödyntämiselle viheralueiden hoitotyössä.

Automaatiotekniikkaa on hyödynnetty jo vuosia etenkin teollisuuden sekä kenttärobotiikan (esim. maatalous, metsä- ja kaivoskoneet) saralla. Myös terveysalalla hyödynnetään automaatiotekniikkaa vaativissa tehtävissä kuten leikkauksissa. Uusimpia automaatiotekniikan kehityssuuntia on otettu käyttöön liikenteessä. Autoihin kehitellään jatkuvasti uutta teknologiaa ja kehityssuunta etenee kovaa tahtia autonomisesti toimivia autoja kohti.

Palvelurobotiikan saralla on läpi historian etsitty ratkaisuja parantaa ihmisten rinnakkaiseloja koneiden kanssa arjen helpottamiseksi. Palvelurobotteja on kehitetty muun muassa siivouksen ja kunnossapidon apuvälineiksi. Usean vuoden ajan monissa kotitalouksissa on apurina työskennellyt erilaisia robottipölynimureita ja pikkuhiljaa kuluttajat ovat saaneet apurikseen autonomisia robottiruohonleikkureita pitämään pienien kotipihojen nurmikot pysyvästi huolitellun näköisinä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella automaatiotekniikan hyödyntämismahdollisuuksia ja soveltuvuutta nurmi- ja puistoalueiden hoitopalveluissa. Työssä perehdyttiin robotiikan soveltuvuuteen sekä taloudellisuuteen muun muassa puistoalueiden sekä moottoriteiden välikaistaleiden hoitotyössä. Tarkastelussa haluttiin selvittää, kuinka suuri investointi robotiikan lisääminen olisi sekä mitä sillä saavutettaisiin. Soveltuvuutta arvioitiin tutkimalla, millainen laite toimii milläkin alueella ja onko tarjolla olevien laitteiden suorituskyky ja ominaisuudet riittävällä tasolla. Tarkastelu kohdennettiin Varkaudessa käynnissä olevalle kaupunkiurakalle, jonka avulla voitiin konkreettisesti verrata nykyisten työmenetelmien ja robotiikalla saavutettavan työn taloudellisuutta. Lopputuloksena tehtiin esitys automaation edistämisestä sekä suositukset käyttöön saattamisesta.

## 2 YLEISKUVAUS TILAAJAPUOLESTA

Destia on suomalainen infra- ja rakennusalan yhtiö, jonka palvelut koostuvat liikenneväylien ja ratojen sekä liikenne- ja teollisuusympäristöjen rakentamisesta, suunnittelusta sekä ylläpidosta. Destia tarjoaa palveluita monipuolisesti maanalaisesta rakentamisesta aina kattavaan maanpäälliseen toimintaan asti. (Destia 2019a.)

Uuden organisaatiorakenteen myötä Destian toiminta jakautuu kuuteen valtakunnalliseen liiketoimintaryhmään sekä tukitoimintoon. Liiketoimintaryhmät koostuvat väyläpalveluista, kunnossapitopalveluista, ratapalveluista, maa- ja kalliopalveluista, rakennusteknisistä palveluista sekä palvelukonsepteista/kaupunkikehityksestä. Väyläpalvelut keskittyvät katujen ja väylien rakentamiseen. Kunnossapitopalvelut koostuvat katujen ja teiden kunnossapidon työtehtävistä. Ratapalveluihin sisältyy ratojen rakentaminen sekä kunnossapito. Maa- ja kalliopalvelut puolestaan käsittävät mm. pohja- ja kaivosrakentamisen sekä kiviainesmyynnin. Rakennustekniset palvelut kohdentuvat teollisuusrakentamiseen ja energiaverkkojen rakentamiseen. Palvelukonseptit ja kaupunkikehitys sisältävät mm. hankekehityksen sekä suunnittelu- sekä tiestöpalvelun (Destia 2019a.)

Destia siirtyi Ahlström Capitalin omistukseen vuonna 2014, jolloin Ahlström Capital osti Destia Oy:n osakekannan kokonaisuudessaan Suomen valtiolta (Destia 2019b).

### 2.1 Destia osana liikenneympäristön kunnossapitoa

Destia on kunnossapitopalvelujen erikoisosaaja. Destian palvelut kattavat esimerkiksi siltojen, sorateiden sekä koko liikenneympäristön hoidon ja kunnossapidon. Myös liikenneväylien ja elinympäristön talvihoito kuuluvat kunnossapidon palveluihin. Liikenneympäristön kunnossapidolla on todettu olevan suuri vaikutus liikenneväylien ja tieympäristön turvallisuuteen. Liikenneväylien siisteys ja huolittelu maisemakuva tuottavat mm. iloa ja esteettisiä kokemuksia liikkujille. Viheralueiden kunnossapito järjestetään kohdekohtaisesti halutun laatutason ja tarpeiden mukaisesti. Viheralueiden kunnossapitoon kuuluvat esimerkiksi niitot ja vesakonraivaukset teiden varsilta sekä puistojen viheralueiden hoito aina niittotöistä kukkaistutuksiin asti. (Destia 2019c.)

### 2.2 Tiestön hoidon alueurakat

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten (ELY-keskusten) valvomat alueurakat rakentuvat alueellisesti rajatuista kohteista. Urakoissa kilpailutuksella valittu hoitourakoitsija vastaa alueeseensa kuuluvien maanteiden ympärivuotisesta kunnossapidosta. Urakat ovat pituudeltaan pääsääntöisesti 5–7 vuotta. Hoitotyöt suoritetaan ELY-keskusten asettamien laatuvaatimusten mukaisesti ja ELY-keskus tarkkailee ja valvoo työnlaatua. (Destia 2019c.)

Palvelun tuottajan tehtävänä on organisoida työtehtävät, valita käytettävät työmenetelmät sekä hankkia tarvittavat koneet ja mahdolliset materiaalit. Palvelun tuottaja vastaa myös laadusta ja sen raportoinnista suoraan tilaajalle. Tilaaja puolestaan valvoo työn laatua ja toteuttamista pistokoeluontoisesti. Alueurakoiden kustannukset jakautuvat pääosin talvihoidon, sorateiden hoidon, liikenneympäristön hoidon, rakenteiden ja laitteiden hoidon, ylläpidon sekä pienten investointien kesken (kuva 1). (Partanen 2018.)

**Alueurakka keskimäärin:**

Tiestöä 500-2000 km

Kustannukset 0,7-2 milj. euroa/v

Kestot pääosin 5 ja 7 vuotta

**Kustannusten jakautuminen**

Kuva 1. Alueurakoiden kustannusten jakautuminen (Partanen 2018)

Vuonna 2018 Destian hallussa oli noin puolet maanteiden hoidon alueurakoista ympäri Suomen ulottuen Ivalosta jopa Raision ja Paimion alueille. Kuva 2 esittää alueurakoiden jakautumisen Suomen kartalla Destian ja kilpailijoiden välillä. Destian kilpailijoita ovat muun muassa YIT Rakennus Oy, Savon Kuljetus Oy, Lemminkäinen Infra Oy sekä NCC Roads Oy. (Partanen 2018.)



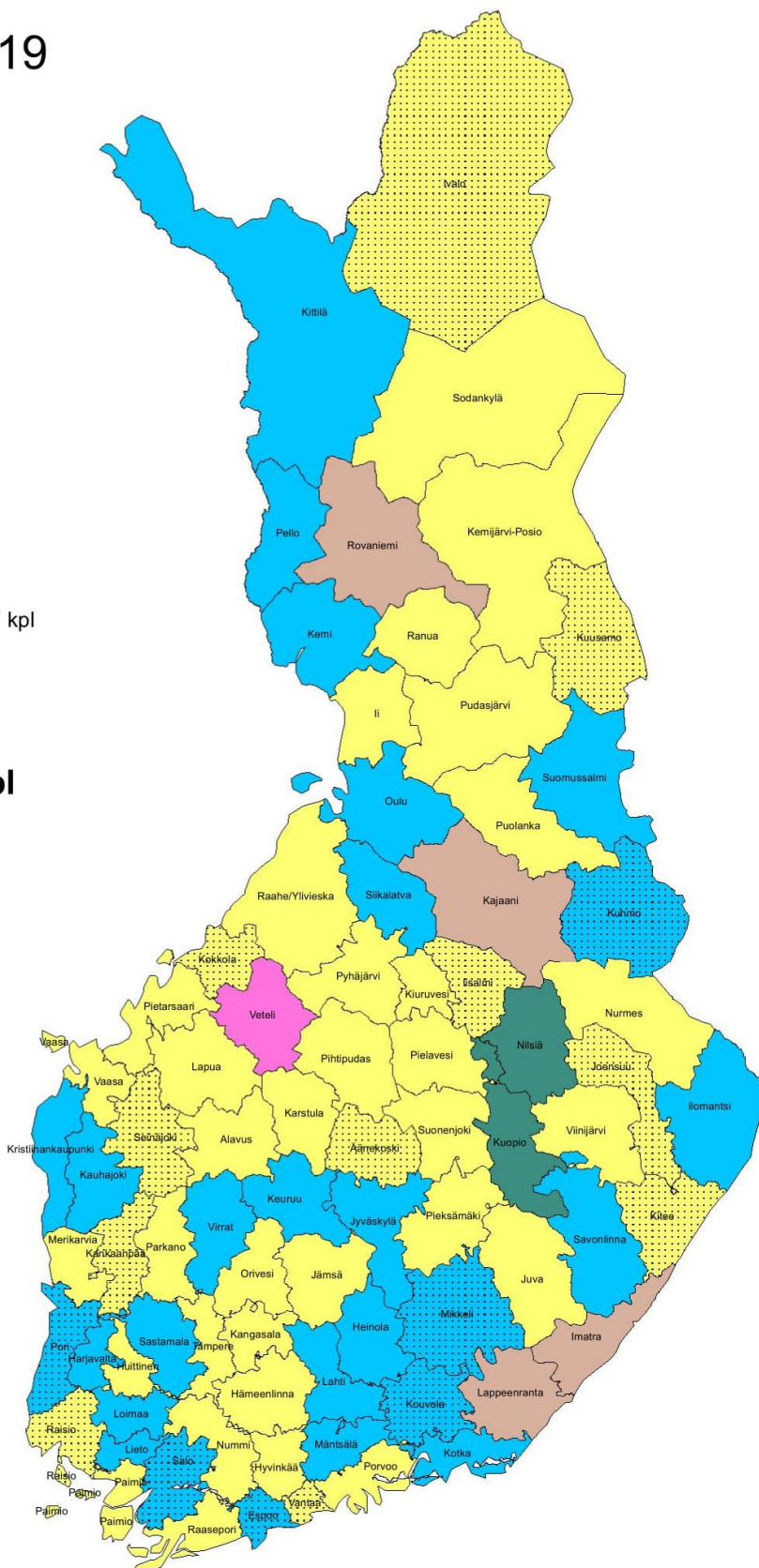
# Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat 1.10.2018-1.10.2019

## Urakoitsija

- Destia Oy 45 kpl
- YIT (Rakennus Oy ja Infra Oy) 27 kpl
- NCC Suomi Oy 4 kpl
- Savon Kuljetus Oy 2 kpl
- Pahkakangas Oy 1 kpl

## Urakoita yhteensä 79 kpl

- 2019 kilpailutettavat urakat



Kuva 2. Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat 2018–2019 (Liikennevirasto 2019)

### 3 VIHERALUEIDEN MERKITYS

#### 3.1 Viheralueiden merkitys osana kaupunkisuunnittelua

*”Vihreän ympäristön on todettu elvyttävän, virkistävän ihmisiä. Vihreä estää ja lieventää stressiä. Se ylläpitää mielialaa ja elämänhalua, jopa parantaa.”* (Turunen 2015.) Kasvit tuottavat ihmisille happea, tasaavat lämpötilaeroja ja poistavat ilmasta pienhiukkasia sekä epäpuhtauksia. Luonnossa ja rakennetussa vihreässä ympäristössä oleskelulla on tutkimusten mukaan paljon myönteisiä vaikutuksia terveytemme. (Turunen 2015.)

Viheralueiksi kutsutaan esimerkiksi taajamien tai taajamavyöhykkeiden alueita, joiden tärkeimpänä tehtävänä on tarjota kuluttajille erilaisia ulkoilu-, leikki- ja urheilutoimintoja. Viheralueet voidaan luokitella kolmeen ryhmään niiden hoitoasteen ja tyypin mukaan:

1. rakennettuihin puistoihin
2. maisemapeltoihin ja -niittyihin
3. taajamametsiin

Rakennettuja puistoja sijoitetaan kaupunkirakenteen sisälle lähelle asutusta ja niihin kohdistuva käyttäjämäärä on normaalia suurempi. Rakennetuissa puistoissa kasvillisuus on enimmäkseen istutettua. Taajamametsät sekä maisemapelot sijaitsevat rakennetussa ympäristössä reuna-alueilla. Ne pyritään säilyttämään luonnontilaisina ja avoimina alueina. Niiden tehtävänä on tarjota mm. virkistysalueita, mutta ne ovat myös suuressa roolissa ympäristön monimuotoisuuden säilymisen kannalta. Viheralueiden hoitoluokka määräytyy alueen käytön mukaan. Valinta perustellaan mm. alueen käyttötarkoituksen, luonnonominaisuuksien ja rakentamisasteen mukaan. Tarkoituksena on, että rakentamisaste ja laatuvaatimukset kasvavat, mitä lähemmäksi kaupungin keskustaa siirrytään. (Lähelläkaupungissa 2019.)

Koska viheralueet suunnitellaan julkisiksi ja kaikille avoimiksi tiloiksi, niiden suunnittelussa on huomioitava niiden toimivuus turvallisina ja miellyttävinä yhteisinä alueina erilaisille kaupunkilaisryhmille. (Lähelläkaupungissa 2019.)

#### 3.2 Puistosuunnittelu

Puistoja suunnitellaan moniin erilaisiin käyttötarkoituksiin, kuten leikki- tai urheilupuistoiksi. Myös koiria varten rakennetaan erillisiä koirapuistoja, jonne koiran voi viedä tapaamaan lajitovereitaan. Myös historialliset puistot ovat puistosuunnittelun yksi käyttötarkoitus. Pääimmäisenä tavoitteena puistosuunnittelussa on kaupunkikuvallisten tekijöiden kokonaisuus, jolla halutaan luoda viihtyisiä ja huoliteltuja viheralueita kaupunkiin. Puistoihin suunnitellaan käyttötarkoitusten mukaan erilaisia rakenteita, kuten muistomerkkejä tai suihkulähteitä. Puistoihin sijoitetaan myös monenlaista kasvillisuutta ja kalusteita kuluttajien viihdykkeiksi. Puistoihin rakennetaan lisäksi mm. liikunta-aiheisia kalusteita, joilla voidaan aktivoida käyttäjiä ja luoda persoonallisuutta. Vanhoissa puistoissa on tärkeä säilyttää niiden historia ja persoonallinen tunnelma, sillä historiallisten puistojen merkitys on tärkeä kaupungin identiteetin kannalta. Tämän vuoksi olisi tärkeää ottaa huomioon ja säilyttää näiden vanhojen puistojen ilme ja alkuperäinen rakenne. (Lähelläkaupungissa 2019.)

#### 4 VIHERALUEIDEN KUNNOSSAPITO

Viheralueiden hoitotyöllä parannetaan liikenneturvallisuutta huolehtimalla tieympäristöstä sekä näkemäalueiden riittävydestä. Viheralueiden hoidolla tie pyritään liittämään luontevasti ympäristöönsä sekä pyritään luomaan tieympäristölle huoliteltu ja elinvoimainen ilme. Hoidettu ympäristö parantaa liikenneympäristön tai taajaman hallittua kokonaisilmettä. On kuitenkin muistettava tarkastella asiaa niin matkailijan kuin esimerkiksi alueen asukkaiden näkökulmasta. Pyöräilijä ja jalankulkija tarkkailevat ja huomioivat ympäristöä eri tavalla kuin esimerkiksi nopeasti liikkuva autoilija tai linja-auton kyydissä oleva matkustaja. Rakennetussa ympäristössä hoidon tulee olla tarkempaa, koska hoidon laatuun kiinnitetään paljon enemmän huomiota nopeuksien ollessa usein alhaisemmat. (Liikennevirasto 2010, 12.)

Viherhoidon on todettu lisäävän viihtyisyyttä ja parantavan tunnetasolla merkittävästi ajomukavuutta, liikenneturvallisuutta ja jopa terveyttä. Hyvin ajoitettu ja huolella tehty niitto parantaa alueen esteettistä arvoa ja takaa luonnon monimuotoisuuden säilymisen. Asukkaiden on todettu kokevan liikenneympäristön melun psykologisesti vähemmän haitallisena, jos tien ja asuinrakennuksen välissä on suojaa antava vihervyöhyke. Lisäksi kasvustolla ja sen oikeanlaisella hoidolla voidaan vähentää tien ja liikenteen haittavaikutuksia ympäristöön. (Liikennevirasto 2010, 12.)

Viheralueiden hoito alueurakoissa muodostaa kesäisin suuren osan suoritettavista työtehtävistä. Viheralueiden kunnossapito töihin kuuluvat muun muassa tienvarsien niittotyöt, puistokäytävien sekä puistojen hoito- sekä puhdistustyöt. Kasvillisuuden hoito ja vieraskasvillisuuden torjuntatyöt puisto- ja viheralueilla kuuluvat myös viheralueiden kunnossapidon työtehtäviin. Lisäksi kaupungin hoitourakassa tehtäviä viheralueiden kunnossapitoon liittyviä tehtäviä ovat muun muassa pensaiden, puiden, istutusten hoitotyöt sekä nurmien lannoitus ja kalkitus. (Tiainen 2015, 18.)

##### 4.1 Maanteiden viheralueiden hoitoluokat

Maanteiden hoidossa liikenneviraston viheralueet luokitellaan kolmeen pääluokkaan tarkastelemalla ympäristöä, väylän tieverkollista asemaa sekä maankäyttöä. Kaduille ja taajamille määrätty viherhoitoluokitus perustuu viherympäristöliiton luokitukseen. Hoitoluokkia ovat normaalit hoitoluokat (N) ja hoitoluokan N1 laatuvaatimukset ja tavoitteet ovat suoraan verrannollisia viheralueiden hoitoluokituksessa hoitoluokan B3 kanssa, jonka hoito perustuu säännöllisiin niittoihin ja vesakon raivauksiin, mutta alueilla voi olla myös erilaisia puu- ja pensasryhmiä. N2- ja N3-hoitoluokat ovat puolestaan suoraan verrattavissa tavoitteiltaan hoitoluokan B4 kanssa, jossa avoimien alueiden ja näkymien hoito perustuu myös säännöllisiin vesakon raivauksiin ja niittoihin. Lisäksi N2- ja N3-hoitoluokkiin voi usein liittyä erilaisia metsäalueita, joiden hoitoluokitus ovat verrannollisia suojametsien hoitoluokkaan (C3), jonka tavoitteena on muun muassa vähentää liikenteen aiheuttamia pienhiukkas-, pöly- ja meluhaittoja liikenneväylien ja asutuksen välillä. Hoidossa huomioidaan ympäristön lähtökohdat sekä käytettävissä olevat hoidon resurssit. Tärkeänä tavoitteena on myös vähentää väylänpidon ja liikenteen haittavaikutuksia luonnon monimuotoisuutta ajatellen. (Liikennevirasto 2014, 24–25.)

Taajamien viherhoitoluokkiin (T) kuuluu esimerkiksi taajamateiden sekä taajamamoottoriteiden lisäksi taajamissa ja taajamien lähialueilla teihin kytkeytyvät kevyen liikenteen väylät. Taajamamoottoriväyliltä alueita sekä niiden laatua tarkastellaan pääosin 80-120 km/h ajonopeuksista, mutta moottoriväylien yhteydessä kulkee usein myös kevyen liikenteen väylä, minkä vuoksi istutuksiin ja niiden hoitotyön laatuun täytyy panostaa. Istutukset rajaavat väyliä

toisistaan, suojaavat jalankulkijoita ja pyöräilijöitä sekä lisäävät esteettistä arvoa. T1 hoitoluokka on korkeatasoinen, huoliteltu ja se omaa puistomaisen ilmeen. Viherhoitoluokkaan kuuluvat muun muassa taajamien keskusta-alueet, joissa on usein myös pienimuotoisia istutuksia. Hoidon päätavoitteena on korkeatasoisen ja huolitellun yleisilmeen ylläpitäminen. T2 hoitoluokkaan kuuluvat luonnonmukaiset viheralueet kuten esimerkiksi vaatimattomat taajamien keskusta-alueet sekä taajamien reuna-alueet ja niihin liittyvät kevyen liikenteen väylät. (Liikennevirasto 2014, 26.)

Eritaso- tai tasoliittymät luokitellaan puolestaan erityishoitoluokkiin (E), jos niiden hoitotavoitteet eroavat muista alueen hoidon laatuvaatimuksista. Ranta-alueet sekä lauttarannat, jotka ovat merkittäviä kohtia tie- tai vesistömaisemassa, virkistyskäytössä, matkailun tai luonnon- tai vesiensuojelun kannalta luokitellaan myös erityishoitoluokkiin. (Liikennevirasto 2014, 27.) Luonnonsuojeluun tai muihin ympäristöarvoihin liittyvät tekijät, jotka vaikuttavat alueen hoitoon kuuluvat ympäristötekijät (Y) luokkaan. (Liikennevirasto 2014, 24.)

#### 4.2 Viherympäristöliiton viheralueiden hoitoluokitukset

Viheralueiden kunnossapito- ja hoitotyöt suoritetaan järjestyks- ja puhtaanapitolain sekä hoitoluokitusten mukaisesti ja niiden vaatimusten mukaisella tavalla tehtynä. Samaan hoitoluokkaan kuuluvien alueiden tulee olla yhdenmukaisessa kunnossa.

Alueiden hoitoluokituksella kuvataan muun muassa hoidon laatua, viheralueen yleisilmettä sekä käyttöä. Hoitotöiden laatuvaatimukset ja käytännön työtavat esitetään Viheralueiden hoito VHT14:ssa, joka on Viherympäristöliitto ry:n julkaisu. (Tuovinen 2017, 43.) Viheralueiden hoitoluokitus antaa viheralueiden hoitotyölle raamit. Hoitoluokat määrittyvät luonnominaisuuksien, alueen käyttötarkoituksen sekä laatu- ja kustannustavoitteiden mukaan. Hoitoluokituksen ideana on myös se, että eri alueilla samaan hoitoluokkaan kuuluvat viheralueet saavat jäsenellään ja yhteisen ilmeen ja ovat näin vertailukelpoisia keskenään kustannuksien ja laatuasioiden suhteen. (Viherympäristöliitto 2007, 8, 11.)

Hoitoluokkien sisällä eri kasvillisuustypeille, rakenteille ja päällysteille on asetettu tarkat hoitoluokan mukaiset laatuvaatimukset, joiden mukaan niitä hoidetaan. Viheralueiden hoidon laatuvaatimukset on asetettu jokaiselle hoitoluokalle erikseen. Luokat jakautuvat rakennettujen viheralueiden (A), avoimien viheralueiden (B), taajamametsien (C) sekä erityisalueiden (E) kesken. (Viherympäristöliitto 2014, 3). Viheralueiden hoitoluokitukset määritellään kuvien 3–7 mukaisesti.

<b>A</b> <b>RAKENNETUT</b> <b>VIHERALUEET</b>	<b>A1</b> <b>A2</b> <b>A3</b>	<b>Edustusviheralueet</b> <b>Käyttöviheralueet</b> <b>Käyttö- ja suojaviheralueet</b>
<b>B</b> <b>AVOIMET</b> <b>VIHERALUEET</b>	<b>B1</b> <b>B2</b> <b>B3</b> <b>B4</b> <b>B4</b>	<b>Maisemapelto</b> <b>Käyttöniitty</b> <b>Maisemaniitty ja laidunalue</b> <b>Avoim alue ja näkymä</b> <b>Arvoniitty</b>
<b>C</b> <b>TAAJAMAMETSÄT</b>	<b>C1</b> <b>C2</b> <b>C3</b> <b>C4</b> <b>C5</b>	<b>Lähimetsä</b> <b>Ulkoilu- ja virkistymetsä</b> <b>Suojametsä</b> <b>Talousmetsä</b> <b>Arvometsä</b>
<b>TÄYDENTÄVÄT LUOKAT</b>	<b>E</b> <b>S</b> <b>R</b> <b>O</b>	<b>E erityisalue</b> <b>S Suojelualue</b> <b>R Maankäytön muutosalue</b> <b>O Hoidon ulkopuolella oleva alue</b>

Kuva 3. Viherympäristöliiton viheralueiden hoitoluokat (Häggman 2007, 9)

<b>A</b> <b>RAKENNETUT</b> <b>VIHERALUEET</b>	<b>A1</b> Edustus- viheralueet	Tärkeiden julkisten rakennusten pihoja, keskeisiä kaupunkipuistoja, -aukioita tai niiden osia
	<b>A2</b> Käyttö- viheralueet	Kaupunkipuistoja – ja aukioita, leikkipuistoja, liikenneviheralueita keskusta alueella, pihoja sekä liikuntaan ja toimintaan tarkoitettuja viheralueita
	<b>A3</b> Käyttö- ja suojaviheralueet	Yleensä laajoja rakennetun ja luonnonympäristön välimaastoon sijoittuvia puistoja, suojavyöhykkeitä tai kiinteistöjen piha-alueiden luonnonmukaisemmin hoidettavia osia, liikuntavihreyttä sekä katuviheralueita ydinkeskustan ulkopuolella.

Kuva 4. Rakennettujen viheralueiden luokittelu (Häggman 2007, 11)



<b>B</b> AVOIMET VIHER- ALUEET	<b>B1 Maisemapelto</b>	Muokattuja ja kylvettyjä maa-alueita, joilla viljellään maisemakasveja.
	<b>B2 Käyttöniitty</b>	Avoimia tai puoliavoimia yleensä koko pinta-alaltaan käytettävissä olevia niittyjä.
	<b>B3 Maisemaniitty ja laidunalue</b>	Maisemaniityt ovat avoimia tai puoliavoimia niittyjä, joissa kulku on ohjattu esimerkiksi poluille. Laidunalueet ovat niittyjä, jotka hoidetaan laiduntamalla.
	<b>B4 Avoin alue ja näkymä</b>	Alueita, joita ylläpidetään avoimina näkymien säilyttämiseksi tai esimerkiksi alueella olevan teknisen verkoston ylläpitämiseksi (sähkölinjat).
	<b>B5 Arvoniitty</b>	Kulttuuriperinteen, maiseman tai luonnon monimuotoisuuden kannalta merkittäviä niittyjä.

Kuva 5. Avoimien viheralueiden luokittelu (Häggman 2007, 13)

<b>C</b> TAAJAMA- METSÄT	<b>C1 Lähimetsä</b>	Lähellä asutusta sijaitsevia metsiä, joihin kohdistuu runsaasti käyttöä ja kulutusta.
	<b>C2 Ulkoilu- ja virkistymetsä</b>	Taajamassa tai sen ulkopuolella olevia laajempia metsäalueita, jotka on tarkoitettu ulkoiluun ja retkeilyyn.
	<b>C3 Suojametsä</b>	Asutuksen ja muun rakennetun ympäristön sekä erilaista häiriötä aiheuttavien toimintojen välissä sijaitsevia metsiä.
	<b>C4 Talousmetsä</b>	Talousmetsän hoito ja käyttö toteutetaan kestävän metsätalouden periaatteiden mukaisesti.
	<b>C5 Arvometsä</b>	E erityisen arvokas metsä maiseman, kulttuurin, luonnon monimuotoisuusarvojen tai muiden ominaispiirteiden vuoksi.

Kuva 6. Taajamametsien luokittelu (Häggman 2007, 15)

<b>TÄYDENTÄVÄT HOITOLUOKAT</b>	
<b>E ERITYISALUE</b>	Satama- ja kanava-alueita, veneiden talvisäilytyspaikkoja, urheilukenttiä, uimarantoja, uimapaikkoja, koiraitauksia, koirien uittoalueita, matonpesupaikkoja jne.
<b>S SUOJELUALUE</b>	Lain nojalla tai maanomistajan omalla päätöksellä suojeltu alue.
<b>R MAANKÄYTÖN MUUTOSALUE</b>	Yleis- tai asemakaavassa rakentamiseen osoitettu alue.
<b>O HOIDON ULKOPUOLELLA OLEVA ALUE</b>	Hoidon ulkopuolella oleva alue luokitellaan tähän luokkaan

Kuva 7. Täydentävien hoitoluokkien luokittelu (Häggman 2007, 22)

### 4.3 Nurmetuksen hoito

Hoitoluokituksen mukaan niittoleveydet määritetään metreinä päällysteen reunasta. Tien sijainti maastossa vaikuttaa paljon ojan sijaintiin. Tämän vuoksi esimerkiksi pengerluiskissa oja voi sijaita kaukana ajoradasta ja niittoalueen ja ojan väliin muodostuu tässä tapauksessa niitettävää hoidettavaa aluetta. Normaaleissa N-hoitoluokissa niittoleveys määritetään niittoleveytenä ajoradan päällysteen reunasta. Keski-alue niitetään puolestaan aina koko leveydeltä. Niittoleveydet ajoratojen varsilta, kevyenliikenteen väylien varresta, viherkaistoilta, välialueilta sekä liittymistä on esitetty tarkemmin taulukoissa 1 ja 2. Taajama- sekä erityishoitoluokissa niittotyöt tehdään päällysteen reunasta tiealueen rajoja mukaillen puuston rajaan, puistoon tai hoidettuun piha-alueeseen. Niiton lisäksi nurmetuksen hoitoon kuuluu muun muassa taajama- ja erityishoitoluokissa tehtävät kevät- ja syyskunnostukset, rajaukset, kastelutyöt, kalkitukset sekä rikkakasvien torjuntatyöt. Taajama- ja erityishoitoluokkien niitto on havainnollistettu tarkemmin kuvassa 8. (Liikennevirasto 2014, 53–55.)

Taulukko 1. Nurmetusten hoidon laatuvaatimukset eri hoitoluokissa (Liikennevirasto 2014, 54)

Laatuvaatimukset	Hoitoluokka		
	N1	N2	N3
<b>Niitto</b>			
Niitettävä alue	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niitto ulotettava vähintään 6 m etäisyydelle päällysteen reunasta</li> <li>- Pensasalueiden mekaaninen niitto erikseen sovittaessa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niitto ulotettava vähintään 4 m etäisyydelle päällysteen reunasta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niitto ulotettava vähintään 2 m etäisyydelle päällysteen reunasta</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikäli kaksi niittokertaa, ensimmäinen niitto ulotetaan 2 m etäisyydelle päällysteen reunasta, joka koskee myös kevyen liikenteen väyliä ja levähdys- ja pysäköimisalueita sekä näiden ja päätien välistä aluetta.</li> <li>- Keskialueet ml. kaiteelliset osuudet niitetään jokaisella niittokerralla koko leveydeltä.</li> <li>- Mahdollisista niitettävillä alueilla olevista vesakoista huolimatta niitto tehdään täyteen leveyteen urakan ensimmäisestä kesästä lähtien.</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kevyen liikenteen väylä 2 m etäisyydellä päällysteen reunasta</li> <li>- Alle 20 m leveät tien ja kevyen liikenteen väylän sekä levähdys- ja pysäköimisalueiden väliset alueet niitetään kokonaan tai puustorajaan, tätä leveämmät alueet niitetään hoitoluokan edellyttämään leveyteen.</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liittymien, risteysten ja tasoristeysten näkemät on pidettävä kunnossa</li> <li>- Nurmetetut ja muut pinnoittamattoman, murskeella tms. olevat saarekkeet, kiertoliittymät ja välikaistat (elleivät ole määritelty viherhoitoluokkaan E1 tai E2)</li> </ul>		
Niittokerrat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1–2 kertaa kesässä, luokan niittokerrat määritellään työkohtaisessa tarkennuksessa</li> <li>- Niittämättä jätettävät tieosuudet määritellään työkohtaisessa tarkennuksessa</li> </ul>		
Niiton ajankohdat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 15.6.–31.8.</li> <li>- Vain yhden kerran niitettäessä N1 ja N2 niitetään 15.7.-15.8. ja N3 1.7.-15.8.</li> <li>- Ensimmäinen niittokerta 30.6. mennessä mikäli 2 niittokertaa</li> <li>- Koulujen lähistöjen tieosuuksille on ajoitettava yksi niitto ennen koulujen alkamista</li> </ul>		
Kaiteiden ja melukaiteiden taustat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vähintään kerran kesässä yhdeltä terän leveydeltä (vähintään 1,5 m)</li> <li>- Kuitenkin näkyviltä osin ojan pohjaan, tai luokan edellyttämään niittoleveyteen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vuosittain yhdeltä terän leveydeltä (vähintään 1,5 m)</li> </ul>	
Kaiteiden alustat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niitto kerran kesässä (kemiallista käsittelyä ei sallita)</li> <li>- Viimeisen niittokerran yhteydessä viimeistään viikon kuluessa niitosta</li> </ul>		
Pysäkkikatosten taustat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viimeisen niittokerran yhteydessä viimeistään viikon kuluessa niitosta</li> </ul>		
Muut vaatimukset	<p><u>Pinnoitetut alueet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pinnoitettujen saarekkeiden, kiertoliittymien, välikaistojen, jne. heinät ja vesat on poistettava ja heinittyminen ja vesottuminen estettävä</li> </ul> <p><u>Niittojälki ja niiton viimeistely</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Niitto toteutettava mahdollisimman läheltä, enintään 20 cm etäisyydeltä rakenteista ja laitteista kuten kaidetolpista, valaisinpylväistä, liikennemerkkivarsista ja reunapaa- luista, sekä puista ja pensaista.</li> <li>- Nurmen pituus niiton jälkeen 4 –10 cm, esteisessä luiskassa mahdollisimman läheltä maata; lupiineja ja levinneitä kurtturehtiruusuja ei säästetä niitoissa</li> <li>- Kuivatusrakenteiden toimintaa haittaava niittojäte on poistettava viikon kuluessa</li> <li>- Nurmetuksen on liityttävä saumattomasti viereisen alueen ympäristöön</li> <li>- Niitettävä tiejaksoittain niin, että työ valmistuu keskeytyksittä tien molemmin puolin mukaan lukien myös kevyen liikenteen väylät ja välikaistat.</li> </ul> <p><u>Niittomenetelmät</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Silppuava laite</li> <li>- Siimaleikkurilla tai vastaavalla tarkkuutta vaativat kohdat</li> <li>- Ketjumurskaimen käyttö sallittu vain luokassa N3</li> <li>- Kemiallista menetelmää saa käyttää pohjavesialueilla vain kivetyillä pinnoilla tarkasti kohdentaen ja pohjavesialueiden ulkopuolella kivettyjen alueiden lisäksi pensasistutusten tyvillä</li> <li>- Niittoa korvaavat menettelyt on hyväksyttävä tilaajalla.</li> </ul>		

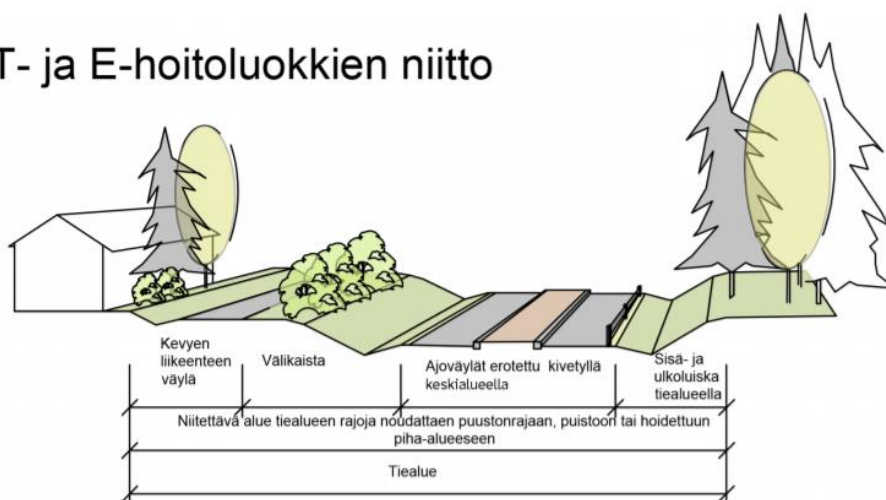


Taulukko 2. Nurmetusten hoidon laatuvaatimukset eri hoitoluokissa (Liikennevirasto 2014, 55)

Laatuvaatimukset	Hoitoluokka	
	T1, E1 puistomainen	T2, E2 luonnonmukainen
<b>Niitto</b>		
Niitettävä alue	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiealueen rajoja noudattaen puustorajaan, puistoon tai hoidettuun piha-alueeseen</li> <li>- Keskikaistat koko leveydeltään</li> <li>- Tien ja levähdys- ja pysäköimisalueiden väliset alueet koko leveydeltä tai puustorajaan</li> <li>- Tien ja kevyen liikenteen väylän välinen alue kokonaan tai puustorajaan</li> <li>- Saarekkeet, kiertoliittymät ja välikaistat</li> <li>- Liittymien, risteysten ja tasoristeysten näkemät on pidettävä kunnossa</li> </ul>	
Niittokerrat	- 3-4 kertaa, niittokerrat määritellään työkohtaisessa tarkennuksessa	- 2-3 kertaa, niittokerrat määritellään työkohtaisessa tarkennuksessa
Kaiteiden taustat	- 2 kertaa kasvukaudessa ajoitettuna toiseen ja viimeiseen niittokertaan	- Kerran kasvukaudessa ajoitettuna toiseen niittokertaan
Kaiteiden alustat, ja tolppien tyvet	- 2 kertaa kasvukaudessa ajoitettuna toiseen ja viimeiseen niittokertaan viikon kuluessa niitosta	- Kerran kasvukaudessa ajoitettuna toiseen niittokertaan viikon kuluessa niitosta.
Niiton viimeistely	- Tiemaisemaa häiritsevä niittojäte on kerättävä 2 vrk:n kuluessa niitosta	- Tiemaisemaa häiritsevä niittojäte on kerättävä 1 viikon kuluessa niitosta
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nurmen pituus niiton jälkeen 4-6 cm.</li> <li>- Rakenteiden ja laitteiden kuten valaisinpylväiden, liikennemerkkivarsien ja reunapaalujen sekä puiden ja pensaiden tyvet on niitettävä ja vesat poistettava 1 viikon kuluessa alueen niitosta.</li> <li>- Kuivatuslaitteiden toimintaa haittaava niittojäte on kerättävä 1 viikon kuluessa niitosta.</li> <li>- Tielle ja kevyen liikenteen väylälle sinkoutuneet kivet ja roskat on poistettava välittömästi.</li> <li>- Niiton on valmistuttava tiejaksoittain keskeytyksittä tien molemmin puolin mukaan lukien kevyen liikenteen väylät ja välikaistat.</li> </ul>	
Niittomenetelmät	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Silppuvaava laite</li> <li>- Siimaleikkurilla tai vastaavalla tarkkuutta vaativat kohdat</li> <li>- Ketjumurskaimen käyttö on kielletty</li> <li>- Kemiallista menetelmää saa käyttää pohjavesialueilla vain kivetyillä pinnoilla tarkasti kohdentaen ja pohjavesialueen ulkopuolella kivettyjen alueiden lisäksi pensasistutusten tyvillä</li> <li>- Niittoa korvaavat menetelmät on hyväksyttävä tilaajalla</li> </ul>	
Kevätkunnostus ja syyskunnostus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ylimääräinen kasvijäte ja hiekoitushiekka on poistettava siten, että nurmikon vihertyminen ei esty</li> <li>- Kevätkunnostus on aloitettava, kun nurmikko kestää koneiden painon, syyskunnostus kun ympäröivät kasvit ovat tiputtaneet lehtensä tai urakan asettamissa aikarajoissa jo aiemmin</li> </ul>	- Hiekoitushiekka on poistettava
Paikkaus	- Yli 1,0 m <sup>2</sup> kokoiset talvivauriot on korjattava keväällä	- Yli 2,0 m <sup>2</sup> kokoiset talvivauriot on korjattava keväällä
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kylvö on suoritettava perustamislukon mukaisella siemenseoksella ja kylvös on peitettävä ja tiivistettävä</li> <li>- Kaikki mekaaniset vauriot on korjattava heti vaurion ilmaannuttua</li> </ul>	
Kalkitus ja lannoitus	- Erikseen sovittaessa, viljavuustutkimukseen perustuen	
Kastelu, rajaus ja rikakasvien torjunta	- Erikseen sovittaessa	
Muut vaatimukset	- Siisti, puistomainen yleisilme	- Vihreä yleisilme

- Hoitotoimet on tehtävä niin, että nurmikossa ei ole suuria aukkoja, ja että kasvuston elinvoima säilyy; lupiineja ja levinneitä kurttulehtiruusuja ei säästellä niitoissa
- Pinnoitettujen alueiden (saarekkeet, kierto liittymät, välikaistat, jne.) heinittyminen on estettävä
- Nurmetuksen on liityttävä saumattomasti viereiseen ympäristöön
- Nurmetuksen ja luonnonmukaisen kasvuston raja on tehtävä portaattomaksi tai muuten luontevaksi

## T- ja E-hoitoluokkien niitto



### T1, E1

- Niitto 3-4 kertaa, määritellään työkohtaisessa tarkennuksessa, nurmen pituus niiton jälkeen 4-6 cm
- Kaiteiden taustat ja alustat sekä tolppien tyvet viimeistellään 2 kertaa kasvukaudessa, ajoitettuna toiseen ja viimeiseen niittokertaan
- Kaiteiden alustat ja tolppien tyvien viimeistely viikon kuluessa niitosta.

### T2, E2

- Niitto 2-3 kertaa, määritellään työkohtaisessa tarkennuksessa, nurmen pituus niitos jälkeen 4-6 cm
- Kaiteiden tausta ja alustat sekä tolppien tyvet viimeistellään kerran kasvukaudessa, ajoitettuna toiseen niittokertaan
- Kaiteiden alustat ja tolppien tyvet, viimeistely viikon kuluessa niitosta.

### Niitettävä alue ja niiton viimeistely

- Tiealueen rajoja noudattaen puustonrajaan, puistoon tai hoidettuun piha-alueeseen
- Keskialueet ja välikaistat niitetään koko leveydeltä tai puuston rajaan
- Rakenteiden ja laitteiden sekä puiden ja pensaiden ympäristöjen niitto on tehtävä viimeistään viikon kuluttua niitosta
- Kuivatuslaitteiden toimintaa haittaava niittojäte on kerättävä viikon kuluttua niitosta
- Tielle ja kevyen liikenteen väylälle sinkoutuneet kivet ja roskat on poistettava välittömästi
- Niiton valmistuttava tiejaksoittain keskeytyksittä tien molemmiin puoliin mukaan lukien myös kevyen liikenteen väylät ja välikaistat.

Kuva 8. T- ja E-hoitoluokkien niitto-ohje (Liikennevirasto 2014, 56)

## 4.4 Viheralueiden puhtaanapito

Viheralueiden puhtaanapito voidaan lähtökohtaisesti jakaa kolmeen osaan vuodenaikojen mukaan. Puhtaanapito käsittää koko vuoden kestävä ylläpidon, keväällä suoritettavan kevätsiivouksen sekä syksyllä suoritettavan syysii-  
vouden. (Tiainen 2015, 19.)

Keväisin tehtävässä siivouksessa viheralueilta kerätään lumen alta paljastuneet jätteet sekä roskat. Päällystetyt alueet siivotaan koneellisesti harjaamalla. Nurmikoiden kevätsiivous aloitetaan heti, kun nurmialueet kestävät liikuttamista. Kevätsiivouksen yhteydessä nurmikoilta poistetaan roskien lisäksi myös talven aikana nurmikoille kulkeutunut hiekoitushiekka. (Tiainen 2015, 19.)

Syksyllä tehtävässä siivouksessa viheralueilta poistetaan muun muassa puiden lehdet, oksat, roskat ja muut kuolleet kasviperaiset materiaalit. Viheralueiden siivoustyöt aloitetaan hoitoluokitusten mukaisessa tärkeysjärjestyksessä. Lehtien poistossa on huolehdittava, että siitä ei aiheudu pölyämistä ympäristöön eli tarvittaessa työssä on käytettävä vettä pölyämisen estämiseen. (Tiainen 2015, 19.)

Yleistä siistimistä ja ylläpitoa suoritetaan viheralueilla ympäri vuoden. Ylläpito sisältää viheralueiden hoidon hoitoluokittain ja työt suoritetaan näiden hoitoluokkien vaatimusten mukaisesti. Puhtaanapitotyöt suoritetaan joko koneellisesti tai käsin riippuen paikasta sekä hoitoluokituksen määrittämisestä työn laatuvaatimuksista. Ylläpitosiivoukseen kuuluu viheralueiden lisäksi alueella olevien rakenteiden ja laitteiden puhtaanapito, mahdollisten roska-astioiden säännöllinen tyhjentäminen sekä alueen yleisen siisteyden ylläpitäminen. Ylläpitosiivouksien yhteydessä on huomioitava hoitoalueilla järjestettävät erilaiset tapahtumat ja juhlat, jotka vaativat mahdollisesti tehostettua puhtaanapitoa ympäristön sekä katuosuuksien osalta. (Tiainen 2015, 19).

## 5 ROBOTIIKAN MERKITYS VIHHERHOIDON NÄKÖKULMASTA

Viheralueiden hoitotyöt vaativat paljon työvoimaa kesäisin, sillä hoitotyöt suoritetaan suurimmaksi osaksi käsin ja hoitotyö on jatkuvaa. Automaation lisääminen viheralueiden hoitotyössä voisi vähentää käytettävän työvoiman määrää sekä säästää miestyötunteja, minkä seurauksena syntyisi merkittäviä kustannussäästöjä. Esimerkiksi pieniä robottileikkureita on käytössä jo kotitalouksissa. Leikkurit hoitavat kotitalouksien nurmialueiden hoitotyön perinteisen työnnettävän tai ajettavan ruoholeikkurin sijaan. Samaa ideaa voisi hyödyntää muun muassa kaupunkialueilla ja moottoriteiden välikaistoilla (Valkonen 2017, 88).

Esimerkiksi Husqvarna tarjoaa tehokkaita nelipyöräisiä robottiruohonleikkureita suurempien ja haastavien nurmikoiden leikkaamiseen (kuva 9). Laitteita on tarjolla monille erikokoisille alueille, mutta suurimassa osassa laitteiden kapasiteetti riittää kuitenkin maksimissaan 2000 m<sup>2</sup>:n alueiden niittoon. Laitteet pystyvät toimimaan kaltevissakin maastoissa, mutta suurin maksimikaltevuus on 40 % luokkaa. Laitteet on varustettu älykkäällä teknologialla, joka opastaa robottiruohonleikkurin automaattisesti kapeiden kohtien läpi ja näin ollen leikkuri pystyy toimimaan ahtaisakin paikoissa. Helppokäyttöisessä valikkojärjestelmässä leikkurin voi määrittää esimerkiksi leikkaamaan haluttuun kellonaikaan. (Husqvarna.com 2019.)



Kuva 9. Husqvarna Automower 310 -robotti (Siemenjakone.fi 2019)

Leikkureiden kehittymisen seurauksena käyttöturvallisuus on parantunut huomattavasti. Leikkureissa on tunnistimet, jotka pysäyttävät terien pyörimisen hetkellisesti, jos laite esimerkiksi törmää johonkin esteeseen. Leikkureita varustetaan myös kääntyvillä terillä, jolloin kohdatessaan poikkeuksellisen kovan esineen kuten puun juuren, terät kääntyvät sisäänpäin. Tämä pitää leikkurin terät paremmassa kunnossa ja säästää laitteen huoltokustannuksissa. Leikkurit varustetaan myös sensoreilla, jotka rekisteröivät liikkeen. Esimerkiksi jos leikkurin nostaa ilmaan sensorit havaitsevat liikkeen ja terät pysähtyvät. Leikkurit ovat pääasiassa sähkökäyttöisiä, mikä pienentää polttoaineista aiheutuvia

kustannuksia ja päästöjä. Leikkureiden suunnittelussa on myös kiinnitetty huomiota koneiden melupäästöihin. Suurempien ajettavien ruohonleikkureiden aiheuttamat melupäästöt jäävät historiaan robottileikkureiden yleistyessä. Uusimpana innovaationa on osittain aurinkovoimalla toimivat pienet robottileikkurit. Husqvarna tarjoaa ensimmäisenä maailmassa HUSQVARNA AUTOMOWER® SOLAR HYBRID- leikkurin. Automower® Solar Hybrid on tiedettävästi maailman ensimmäinen, täysin automaattinen ruohonleikkuri, jonka energianlähteenä on osittain aurinko. Kyseisen hybridileikkurin luvataan kuluttavan huomattavasti vähemmän energiaa kuin perinteisen ruohonleikkurin. Tämä johtuu siitä, että latausaseman lisäksi leikkuri saa osan tarvittavasta energiastaan laitteen päällä olevan suuren aurinkopaneelin välityksellä (kuva 10). Perinteiseen Automower-leikkuriin verrattuna se vaatii vähemmän latauksia päivänvalon aikaan. Kun auringonvalo on saatavilla riittävästi, saa leikkuri käyttöenergiansa suoraan auringosta. Pimeän aikaan työskennellessään tai pilvisellä säällä laite siirtyy käyttämään akkua. Pienemmän energiankulutuksen sekä akun pidemmän käyttöiän ansiosta kyseessä on ympäristön kannalta ainutlaatuinen nurmikonhoitojärjestelmä.

Laittevalmistajan mukaan Automower® Solar Hybrid leikkaa ja latautuu itsenäisesti, ja sen kapasiteetin luvataan riittävän jopa 2 200 neliömetrin kokoisten alueiden leikkaamiseen. Husqvarna Automower® -leikkuri hyödyntää satunnaista liikerataa leikkaustyössä, minkä ansiosta nurmikosta tulee tasainen ja huoliteltu. Laitteen leikatessa säännöllisesti pieniä määriä kerrallaan, nurmikon luvataan pysyvän elinvoimaisena ja huolitellun näköisenä. Hiiliteräksestä valmistettujen mattoveitsimäisten terien mainostetaan takaavan pienen energiankulutuksen sekä tehokkaan käytön. Laitteen suurissa pyörissä pidon luvataan olevan hyvä esimerkiksi liukkaammilla alustoilla. (Husqvarna.com 2019.)



Kuva 10. HUSQVARNA AUTOMOWER® SOLAR HYBRID -leikkuri (Husqvarna.com 2019)



## 5.1 Liikenneturvallisuus

Tiellä suoritettavat työt kuuluvat työturvallisuuslainsäädännön mukaan vaaralliseksi luokiteltuihin töihin, jolloin eri työt ja työvaiheet ajoitetaan ja suunnitellaan siten, että työt voidaan suorittaa turvallisesti ja häiritsemättä liikennettä. Hitaasti liikkuvat työkoneet muodostavat aina turvallisuusriskin liikenteelle. Tien päällä liikkuvien autojen tulee pystyä havaitsemaan tiellä liikkuva työkone riittävän ajoissa, jotta reagointiaikaa olisi riittävästi. Yksi tyypillisimmistä vaaratilanteista on, kun vastaantulevaa liikennettä väistävä auto jää ajamaan ajoradan reunaa niittävän työkoneen taakse. Koneen niittäessä leikkuupään terät sinkoavat helposti kiviä ja muuta materiaalia koneen takana ajavaan autoon. Tämän vuoksi niitto- ja vesakonraivauslaitteen pyörivät teräosat on suojattava jokaiselta sivuilta. Liikenneturvallisuuden voidaan vaikuttaa myös parantamalla muun muassa työkoneen kuljettajan työskentelyergonomiaa ja työskentelyolosuhteita työkoneessa, jolloin työn aiheuttama rasitus pienenee ja työturvallisuus paranee. Niitto- ja vesakonraivaustyössä työkoneet täytyy varustaa varoitusvalaisimien lisäksi varoituslevyillä, jotka parantavat havaittavuutta eteen- ja taaksepäin näkyen (kuva 11). Jalkaisin tehtävässä niittotyössä työntekijöiden havaittavuus on erityisen tärkeää työtaturmien sekä muiden onnettomuuksien ehkäisemiseksi. Varoitusasujen tulee täyttää niille asetetut vaatimusmääräykset sekä niiden puhdistamisesta on pidettävä huolta jatkuvasti. (Liikennevirasto 2014, 99.)



Kuva 11. Peruskone, jossa kiinni puomisto kelamurskaimella (Liikennevirasto 2014, 102)

Oikeanlaisen tekniikan hyödyntäminen voisi parantaa liikenneturvallisuutta. Esimerkiksi markkinoilla on tarjolla jo useita suurempia leikkureita, jotka toimivat kauko-ohjauksella. Niitorobotit soveltuvat vaikeiden alueiden ja olosuhteiden viheralueiden murskausniittoon, missä työskenteleminen on riskialtista esimerkiksi suuren liikenteen määrään tai jyrkkien maastonmuotojen vuoksi. Niitoroboti pystyy työskentelemään jopa 55 asteen sivukallistuksessa turvallisesti. Laite työskentelee sujuvasti myös märissä olosuhteissa. Niitorobotin suurimpana etuna on helppokäyttöisyys

sekä langaton kauko-ohjaus. Laitteen toimintasäteen luvataan ulottuvan jopa 150 metrin etäisyydelle. Niittoleveys on 1,3 metriä, mikä on varsin kilpailukykyinen vertailtaessa niittorobottia päältä ajettaviin ruohonleikkureihin. Niittorobotti on myös nopea ja helppo siirtää auton peräkärjellä kohteesta toiseen. (Liikennevirasto 2014, 102)

Niittorobottia hyödynnettäessä työntekijä pystyisi ohjaamaan leikkuria esimerkiksi jyrkemmässä luiskassa, minne ei esimerkiksi traktorin niittokone ylety tai esimerkiksi jos luiskassa työskenteleminen siimaleikkurin kanssa riskeerisi työntekijän työturvallisuutta (kuva 12). Näin leikkurin ohjaaja pystyisi leikkaamaan luiskan turvallisesti ja samalla sijoittumaan itse turvallisen matkan päähän ajoradasta.



Kuva 12. Niittorobotti työssä (Liikennevirasto 2014, 103)

## 5.2 Työturvallisuus

Vaikka kunnossapitoalalla työturvallisuuteen on alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota, ei sen merkitystä voi koskaan liiaksi korostaa. Destian työturvallisuuslukemat ovat parantuneet viime vuosina selkeästi, ja esimerkiksi vuonna 2016 Destia Oy:n ja Destia Rail Oy:n teki oman tapaturmataajuus vuosiennätyksensä, mikä oli 5,9 työtaturmaa miljoonaa työtuntia kohti (Destia 2016).

Vaikka työyhteisöissä pidetään kuukausittain erilaisia turvallisuusvalmennuksia ja -tarkastuksia, voitaisiin työturvallisuutta parantaa laitehankinnoilla ja lisäämällä robotiikan työosuutta kunnossapitotehtävissä. Ammattikäytössä robotileikkureiden yksi suurimmista eduista on työturvallisuuden lisääminen. Robotiikan hyödyntäminen vilkkaasti liikenneväylien moottoriteiden välikaistojen niittotyössä parantaisi huomattavasti työntekijöiden turvallisuutta. Normaalisti välikaistaleiden niittotyöt suoritetaan joko pyörälustaista kaivinkonetta tai lautasliikennetraktoria hyödyntäen. Kyseisillä koneilla niittotöitä suoritettaessa rakennetut esteet, kuten kaiteet, valopylväät sekä liikennemerkkit on kierrettävä, jolloin näiden esteiden ympärille jää lähes poikkeuksessa pieni kaistale nurmea. Nämä kaistaleet viimeistellään

ja hoidetaan pääasiassa käsityönä siimaleikkuria hyödyntäen. Vilkasliikenteisillä teillä työskenteleminen sekä liikkuminen ovat jo itsessään turvallisuusriskejä, mutta riskin suuruutta kasvattaa vaihtelevat maastonmuodot sekä selässä kannettava saha, mikä tuo lisäpainoa sekä hankaloittaa liikkumista ja tasapainon ylläpitämistä.



## 6 KORVAAVIA LAITERATKAISUJA KUNNOSSAPIDON KÄYTTÖÖN

### 6.1 Robottiruohonleikkurit

Husqvarnalta löytyy lukuisia kotikäyttöön tarkoitettuja laitteita ja viime aikoina markkinoille on saapunut myös ammattimaiseen käyttöön suunniteltuja robottileikkureita. Husqvarnan leikkureiden hinnat ovat välillä 1 000–4 500 euroa mallista riippuen. Leikkureita voidaan myös ohjata etäohjauksella ja seurata varastettua leikkuria tietokoneelta tai tabletilla. Leikkuria voidaan ohjata älypuhelimella. Husqvarnan kalleimmassa mallissa on myös GPS-avusteinen navigointi ja sääajastin, jotka takaavat vaativienkin nurmikoiden tasaisen leikkauksen, ja leikkuuväli säätyy automaattisesti ruohon kasvun mukaan. Husqvarnan sivujen mukaan kyseinen leikkuri sopii esimerkiksi golfkentille, jalkapallokentille, isoille kartanonurmikoille ja hotellialueille, joten miksi ei myös puistoalueille. Nykyaikaiset robottiruohonleikkurit kykenevät toimimaan täysin itsenäisesti, jolloin niiden valvominenkin on helppoa. Leikkurit lataavat itsensä latausasemassa ja leikkaavat joko manuaalisesti tai ajastettuina, jos halutaan leikkurin työskentelevän vain tiettyyn kellonaikaan. Uusimmissa leikkureissa on myös paljon käyttöä parantavia ominaisuuksia kuten törmäystunnistin, kiipeämisavustin sekä muita käyttöä ja työnjälkeä parantavia ominaisuuksia. Alueen rajauskaapeli on mahdollista asentaa muutamien senttien syvyyteen, jotta leikkuri tunnistaa leikattavan alueen rajat ja osaa seurata niitä. (Husqvarna 2019.)

Vaikka leikkurit ovatkin kehittyneet vuosien saatossa huomasti nousee edelleen epävarmuuden tuntemuksia laitteiden suorituskyvystä. Ammattikäytössä leikattavien puistoalueiden koot vaihtelevat muutamista hehtaareista jopa kymmeneen hehtaareihin, mikä vaatii laitteilta suorituskykyä ja tarvittavaa tehokkuutta suoriutuakseen työsuoritteesta. 1 000 m<sup>2</sup>:n alueiden niittämiseen tarkoitettu leikkurirobotti vaatii monta latauskertaa suoriutuakseen hehtaarin alueen niittotyöstä. Näin ollen leikkuri joutuisi työskentelemään lähes taukoamatta alueella ja niittoalueen ajettuaan robotti joutuisi aloittamaan alueen niiton uudelleen. Toki useamman leikkurin hyödyntäminen samalla alueella nopeuttaisi leikkaustulosta, mutta robotteja tulisi investoida kymmeniä yhtä puistoaluetta kohti, jotta rinnakkaisesta käytöstä saataisiin selkeää hyötyä. Usein kaupunkiurakoissa puistoalueita on lukuisia ja alueet suuria, jolloin jokaisella puistoalueella tulisi olla lähestulkoon omat leikkurit. Leikkureiden hintojen pyöriessä 500–5 000 euron paikkeilla useampien leikkureiden rinnakkain käyttäminen ei ole taloudellisesti kannattavaa.

Esteettömyys ja laitteiden ominaisuudet ovat myös aihealue, mikä luo epävarmuutta robottileikkureiden hyödyntämisestä ajatellen. Usein puistoalueet pyritään pitämään luonnontilaisina, jolloin alueella on mahdollisesti puista pudonneita oksia, puiden juuria tai maaston muodot eivät ole tasaisia. Uusissa leikkureissa on toki esteitä tunnistavat sensorit ja laitteiden luvataan kiipeävän pienien esteiden kuten puiden juurien ylitse, mutta tästä saataisiin paras mahdollinen näyttö tarkasteltaessa asiaa pidemmällä aikavälillä ja useissa eri kohteissa. Puistoalueilla on myös paljon pensaita ja rakennettuja rakennelmia, jotka laitteiden tulisi osata kiertää ja uudet laitteet osaavatkin tunnistaa nämä asteet ja pysyä rajausjohdolla niille rajatulla alueella.

Pieniä leikkureita käytettäessä ilkeältä on myös mahdollinen uhka robotiikan osalta. Pienien laitteiden toimiessa itsenäisesti puistoalueilla ihmisten keskuudessa mahdollistaa tilanne laitteille tehtävän ilkevallan. Esimerkiksi pieni robottileikkuri on helppo kääntää ylösalaisin, jolloin sensorit havaitsevat liikkeen ja pysäyttävät terän ja leikkaustyö keskeytyy niin kauaksi aikaa, kunnes leikkuri käännetään takaisin oikeinpäin. Uudet leikkurit on varustettu niin sanotuilla varashälyttimillä, jolloin laite päästää varoitusäänen sitä nostettaessa. Laite ei myöskään toimi ilman laitteeseen

asetettua PIN-koodia tai sen omaa lataustelakkaa, mutta mikään näistä ei kuitenkaan estä varastamasta laitteita vaan ainoastaan estää varastetun laitteen hyötymisestä.

## 6.2 Niittorobotit

Niittorobotit ovat yleistyneet kunnossapidon työvälineinä 2000-luvulla. Niittorobotit ovat perinteisiä robottileikkureita suurempia niin kooltaan kuin teholtaan. Näin ollen ne pystyvät vastaamaan kunnossapidon tarpeisiin normaalia robottileikkuria paremmin. Niittorobotit ovat suurimmaksi osaksi kauko-ohjattavia, joten ne eivät kykene työskentelemään itsenäisesti vaan laite vaatii perehdytetyn käyttäjän, joka ohjaa laitetta maastossa. Tämä toki lisää työturvallisuutta siinä määrin, että ainoastaan laite työskentelee hankalissa olosuhteissa ja ohjaaja pystyy asettautumaan turvalliseen paikkaan ja turvaamaan itsensä liikenteen ja maaston aiheuttamilta vaaratilanteilta (kuva 14).

Yleisimpiä niittorobotteja tällä hetkellä markkinoilla lienee Slope-Moverin valmistamat Spider robotit. Slope-Mover mainostaa SPIDER ILD02:n voivan korvata jopa 15 siimaleikkuria tai yhden raskaan koneen samalla kuitenkin pitäen käyttökustannukset paljon pienempinä verrattuna esimerkiksi traktoriin. Laitevalmistajan mukaan fyysisesti vaativan työn ollessa pienempi päivittäinen tuottavuus on paljon korkeampi kuin käsikäyttöisissä koneissa, koska ylimääräisiä lepotaukoja ei tarvita toisin kuin käsikäyttöisellä koneella työskenneltäessä lämpimällä kesäsäällä. Osa laitteista on varustettu hydraulisella vinssillä mikä mahdollistaa laitteen työskentelyn jopa 55 asteen sivukallistuksissa (kuva 13). Ilman käytettävää vinssiä laite pystyy kuitenkin työskentelemään turvallisesti ja hyvällä laadulla jopa 40 asteen kallistuksissa. (Slope-Mover 2019.)



Kuva 13. Spider ILD02 -leikkuri niittämässä rinnettä (Slope-mover 2019)

Niittorobotteja on kuitenkin Suomessa käytössä vielä varsin vähän, mutta Euroopassa se on jo hyvin yleinen ja niitä hyödynnetään suurempien moottoriteiden varsilla sekä muissa hankalissa olosuhteissa.

## 7 ROBOTIIKASTA YLEISESTI

*”Perinteisesti roboteilla tarkoitetaan tietokoneohjattuja työkappaleita tai työvälineitä käsitteleviä yleiskäyttöisiä laitteita”* (Salmi 2014). Salmen (2014) mukaan yleiskäyttöisyys termillä tarkoitetaan esimerkiksi liikkeiden ohjelmoitavuutta ja olemassa olevaa mahdollisuutta hyödyntää yhtä ja samaa laitetta useisiin käyttötarkoituksiin. Robotin aiheuttamat liikkeet tuotetaan pääsääntöisesti sähköisiä toimilaitteita hyödyntämällä. Nykyisin roboteiksi mielletään fyysiseltä rakenteeltaan erilaisia ohjelmallisesti liikkuvia laitteita, joiden toiminta perustuu ympäristön havainnointiin sekä sen mukaan toimimiseen. Esimerkiksi nykyään on olemassa erityyppisiä liikkuvia robotteja kuten automaattisesti ohjautuvia autoja sekä lennokkeja. Robottiautoissa autoa ohjataan usean eri toimilaitteen sekä antureiden avulla, joita tietokoneet ja niitä hyödyntävät ohjelmistot käyttävät hyväkseen. (Salmi 2014.)

Robotiikan potentiaali työpaikkojen luomisessa, tuottavuuden parantamisessa, turvallisuuden lisäämisessä sekä vanhenevan väestön elämänlaadun parantamisessa on suuri. Robotiikka on muodostunut elintärkeäksi monella suomalaisella teollisuudenalalla. Suomen työkoneteollisuus on kärkiluokkaa kansainvälisesti automaatioteknologioitten hyödyntämisessä. Robotiikan kehittymisen ja lisääntymisen on pelätty vähentävän työpaikkoja, mikä voi osittain pitää paikkansakin, jos asiaa tarkastellaan lyhyellä tähtäimellä. Robotiikka ei kuitenkaan pysty täysin korvaamaan ihmistä, vaan sen tarkoituksena on mahdollistaa kilpailukykyinen ja laadukas tuotanto. (Ventä, Lehtinen, Lempiäinen, Kyrki, Röning, Siren ja Latokartano 2016, 6.)

Robotiikan soveltajana teollisuus voidaan mainita suurimpana edelläkävijänä. Ensimmäiset robottisovellukset tulivat autoteollisuuden käyttöön 1960-luvun loppupuolella. 1980-luvun lopulla teollisuuden hyödyntämä perustekniikka vakiintui ja tämän kehityksen myötä teollisuusroboteista tuli teollisia standardituotteita. Palvelurobotiikka luokitellaan ei-teolliseksi robotiikaksi. Salmen (2014) mukaan palveluroboteiksi lasketaan esimerkiksi erilaiset varastointi- ja jakelurobotit sekä lypsyrobotit. Markkinoilla on myös tarjolla kuluttajille sekä erilaisille erityisryhmille tarkoitettut henkilökohtaiset palvelurobotit eri arjen toimintoihin. Kuluttajamarkkinoilla odotukset robotiikan kehittymisen kannalta ovat suuret. Asiantuntijoiden arvioiden mukaan henkilökohtaisia talousrobotteja, kuten pölynimuri- ja ruohonleikkurobotteja tullaan myymään n. 24 miljoonaa kappaletta vuosina 2014–2017. Arvio pohjautuu vuosien 2012 ja 2013 myyntilukemiin, jolloin kotitalousrobotteja myytiin noin kaksi miljoonaa per vuosi. Markkinoiden laajenemisella on kaksi selkeää haastetta. Robottihankintojen tulisi olla luotettavasti toimivia muuttuvissa ja ei-järjestäytyneissä ympäristöissä, kuten kotitalouksissa. Laitteiden tulisi olla myös kustannustehokkaita, jotta laitteiden hyödyntäminen olisi järkevää. Teollisuudessa ympäristö pystytään helpommin hallitsemaan ja pitämään järjestäytyneenä kuin palvelurobotiikan toimintaympäristöt. Teollisuusrobottienkin kehityssuunta etenee kuitenkin enemmän suuntaan, jossa robotit kykenevät työskentelemään samassa tilassa ihmistyöntekijän kanssa. (Salmi 2014.)

## 8 ROBOTIIKKA MUILLA ALOILLA

### 8.1 Teollisuusrobotiikka

Teollisuusrobotiikka on ollut lähes koko 2000-luvun ajan keskimäärin yli 5 % vuotuisessa nosteessa. Maailmanlaajuisesti teollisuusrobotiikan liiketoiminnan arvo on karkeasti arvioituna yli 25 miljardia euroa. Sovellusaloista suurin robotiikan soveltaja on perinteisesti autoteollisuus n. 40 %:n osuudella. Elektroniikkateollisuus seuraa autoteollisuuden perässä n. 20 %:n osuudella. Suomi on aiemmin sijoittunut hyvin kansainvälisissä robottitilastoissa, mutta viime vuosina sijoitus on ollut lievässä laskussa, kun mittarina on käytetty robottitiheyttä mikä tarkoittaa robotiikan laitteita/10.000 teollisuustyöntekijää. (Ventä ym. 2016, 9.) Teollisuusrobotiikan liiketoiminnassa on tapahtunut suurta kehitystä Suomessa 1970-luvun lopun jälkeen. Liiketoiminta koostuu esimerkiksi laitteiden maahantuonnista, ohjelmistojen suunnittelusta, laitehuollosta sekä käytettyjen laitteiden kaupasta. (Ventä ym. 2016, 11.)

### 8.2 Palvelurobotiikka

Palvelurobotteja käytetään suorittamaan erilaisia tehtäviä ja tarjoamaan palveluita ihmisten hyväksi. Palvelurobotiksi luokitellaan liikkuvat ja esimerkiksi erilaisia kappaleita käsittelevät laitteet, jotka osaavat toimia itsenäisesti ja kykenevät olemaan vuorovaikutuksessa ihmisten kanssa. Palvelurobottien tärkeimpiin sovellusalueisiin kuuluvat olennaisesti esimerkiksi maatalouden, siivouksen, rakentamisen ja lääketieteen sovellusalueet sekä avaruustekniikka ja vedenalaiset sovelluskohteet. Palvelurobotiikkaa on kehitetty ammattikäyttöön ja yhä enemmän nykyään myös kuluttajien saataville. Koska palvelurobotit on luotu toimimaan ihmisten kanssa samassa tilassa ja mahdollisesti tiiviissä vuorovaikutuksessa, on palvelurobottien teknologioiden tuettava helppokäyttöisyyttä, sopeutumiskykyä sekä toimintakykyä vaihtuvissa ja muuttuvissa ympäristöissä. (Salmi 2014.) Palvelurobotit jaetaan yleisesti B2B- ja B2C- laitteisiin riippuen siitä, onko robotiikan palvelun kohteena yritys (B) vai kuluttaja (C). (Ventä ym. 2016, 13.)

Palvelurobottien helppokäyttöisyys sekä turvallinen vuorovaikutus perustuu suurimmaksi osaksi robotin varusteluun. Esimerkiksi robotit on varusteltu antureilla, joiden tehtävänä on tarkkailla ympäristöä ja ohjailla robottia. Anturit ohjaavat robotin erilaisia toimintoja, kuten robotin tai sen rungon liikettä. Antureiden avulla myös ylläpidetään turvallisuutta esimerkiksi keskeyttämällä robotin toiminta, kun ihmisen tai muun mahdollisen esteen havaitaan olevan liian lähellä robottia. (Salmi 2014.)

Palvelurobotiikaksi voidaan laskea myös suomalaisessa teollisuudessa valmistetut raskaiden työkoneiden, kuten kaivoskoneiden ja -laitteiden edistyneet toiminnot. Muun muassa älyteknologialla varustetut työkoneet kykenevät liikkumaan autonomisesti kaivostunneleissa ilman kuljettajaa ja niitä voidaan ohjata suoraan valvomoista käsin turvallisesti ja ergonomisesti, jolloin työturvallisuus paranee. (Salmi 2014.)

Merkittävimpiä B2B-siviilisovelluksia ovat esimerkiksi navetoissa käytettävät lypsyrobotit, erilaiset sisä- ja ulkologistiikan laitteet sekä sairaaloissa käytössä olevat leikkausrobotit. Logistiikkalaitteiden kehitys on Suomessa voimakasta ja se luo uusia innovatiivisia sovelluksia sekä teollisuuteen että maatalouteen. Lypsyrobotiikka on myös 2000-luvun aikana yleistynyt ja nykyisin maitotilojen lähes kaikki uudet navetat ovatkin 70 tai 140 lehmän kokoisia riippuen lypsyasemien lukumäärästä sekä tilojen koosta. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisussa kuitenkin todetaan, että investoinneissa Suomi on muita pohjoismaita hieman jäljessä. Kuluttajille suunnattuja robotteja ovat suurimmaksi osaksi esimerkiksi autonomiset pölynimurit, ruohonleikkurit ja koulutusta tukevat laitteet, kuten esimerkiksi älytaulut.

Vuonna 2013 koko kuluttajarobotiikan osuus oli noin puolet ammattirobotiikasta eli n. 1,5 miljardia euroa. Alan odotetaan kasvavan yli 10 miljardin euron vuoteen 2020 mennessä. (Ventä ym. 2016, 13–14.)

### 8.3 Kenttärobotiikka

#### 8.3.1 Kaivoskoneet

Kaivoksissa robotiikkaa käytetään esimerkiksi malmin ja sivukiven kuljetuksessa sekä poraamisessa. Porat pystyvät poraamaan kallioon reikiä itsenäisesti jopa vuorokauden. Esimerkiksi Sandvikin AutoMine-järjestelmän autonomisia osia ovat itsenäisesti ajavat kaivoskuorma-auto ja kuljettava lastauskone (kuva 14). Molemmat näistä osista kykenevät liikkumaan ahtaissa kaivoskäytävissä nopeammin kuin ihmisen kuljettamat työkoneet ja ajoneuvot. Liikeohjaus suoritetaan tarkkailemalla luolien kallioseiniä, jolloin työ voidaan suorittaa ilman navigoinnin laiteasennuksia. Lyhyemmissä lastausvaiheissa voidaan käyttää puolestaan teleoperointia. Suomessa hyvällä radioteknisen osaamisen avulla on voitu kehittää toimivia radiojärjestelmiä, jotka pystyvät toimimaan luotettavasti ahtaissa tiloissa niissä olevista työkoneista riippumatta. Radiojärjestelmiä tarvitaan muun muassa teleoperoinnissa lastauksen yhteydessä. Teleoperointi ja työn valvonta pystytään suorittamaan etäyhteydellä toimistosta käsin enimmillään jopa 800 km päässä työkoneista. (Ventä ym. 2016, 17.)



Kuva 14. Sandvikin AutoMine-teleoperointiasema ja itsenäinen lastari (LHD) (Ventä ym. 2016, 17)

### 8.3.2 Metsätalous

Robottiikan merkitys suomalaisessa metsätaloudessa on suuri. Suomi on kansainvälistä kärkeä metsäkoneiden valmistamisessa. Vaikka metsä- ja kaivostalous ovat globaalisti melko pieniä, mutta toisaalta Suomelle merkittäviä aloja, ei niiden merkitystä robotiikan saralla voi jättää huomiotta (Valkonen 2017, 8). Suomen metsätalouden kilpailukyky riippuu pääosin kustannustehokkuudesta sekä puutavaran laadusta. Puutavaran korkea laatu merkitsee suurempaa tuottoa, ja robotiikka kykenee tarjoamaan useita kehittymismahdollisuuksia puutavaran laadun ja puutavaralajien virtojen tehostamiseen. Metsäkoneet ovat osaksi automatisoituja, mutta toistaiseksi yhä pääosin käsiohjattuja ja näin ollen vaativat ammattitaitoisen koneenkuljettajan. Suomessa metsäteollisuuden alalla on olemassa vahva kansallinen infrastruktuuri, koulutus ja tutkimuspohja. Tulevaisuudessa koneelliset ratkaisut metsän uudistamisessa kuten taimikon istutuksessa ja -hoitotöissä ovat välttämättömiä tuottavuuden ja kannattavuuden parantamiseksi. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisussa (2016) mainitaan puutavaran laadun ja sahatuotteiden monipuolistamisen kehittämiseksi olevan olennaisinta metsien puuston mittaukset. Robotiikka tuo parempia mahdollisuuksia kattavampien mitausten suorittamiseksi sekä ilmasta että maasta käsin toteutettuna. (Ventä ym. 2016, 17–18.)

### 8.3.3 Maatalous

Robotiikka teknologialla on maataloudessa erityisesti kolme soveltamisalaa. Esimerkiksi peltoviljelyssä käytettyjen työkonoiden automatiikka, lypsyrobotit maidontuotannossa sekä eläintuotannon palvelurobotit, joita voidaan käyttää muun muassa navettojen ja sikalojen siivoustyössä. Robotiikkaa hyödynnetään myös muun muassa puutarhatuotannossa rakentamalla erilaisia kastelujärjestelmiä. Tilakokojen kasvaminen sekä tilojen laajentuminen luovat puolestaan tarpeita edistyneemmän automaation hyödyntämiseen. Traktoreiden ja vastaavanlaisten työkonoiden miehitetty automaattiajo on jo varsin kehittyneellä asteella. Saattueajo, jonka ideana on, että yksi kuljettaja ohjaa ensimmäistä työkonetta ja muut koneet seuraavat perässä automaattisesti, on myös mahdollista nykyisillä sovelluksilla. Peltoviljelyn täysi automatisointi on kuitenkin haastava toteuttaa, koska mm. lastauksen automatisoinnin optimointi on haastava toteuttaa. Suomessa merkittävä osa pelloista koostuu pienemmistä peltolohkoista, joiden välillä kulminen tapahtuu yleisiä teitä hyödyntäen, minkä Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisussa (Ventä ym. 2016, 18) todetaan olevan kansallinen erityispiirre. Tämän takia autonomisen liikenteen lainsäädäntö on merkittävä vaikuttaja peltoviljelyn autonomisten järjestelmien käyttömahdollisuuksissa. Maidontuotannossa lypsyrobotit ovat luoneet mahdollisuuden tilakokojen kasvulle. Eläintuotannossa palvelurobotit tulevat vuosien aikana yleistymään ja tukemaan vastaavatyypistä kasvun mahdollisuutta. Lypsyrobotiikka vakiinnutti asemansa 2000-luvulla ja nykyisin maitotilojen uudet navetat ovatkin lähes poikkeuksetta 70 tai 140 lehmän kokoisia riippuen lypsyasemien lukumäärästä sekä tilojen koosta. (Ventä ym. 2016, 18.)

### 8.3.4 Maarakennus

Väylärakentamisessa Suomi on ollut edelläkävijöiden joukossa työkonemaatonta soveltamisessa. Maastosuunnitteluhjelmistot jakavat työkonemisiin ohjeet, kuinka maata siirretään. Ohjeet ovat tarkkuudeltaan parin senttimetrin välillä ja ne tulevat standardoidun tietoteknisen määrittelyn mukaan. Ohjeet sisältävät myös tarkan kuvauksen työn lopputuloksen halutusta korkeudesta ja muodosta, jolloin haluttu lopputulos hahmotetaan hyvin jo alkuvaiheessa. Kyseistä tekniikkaa hyödynnetään esimerkiksi sekä ratatyömailla että isoimmista tiehankkeissa. Rakentamisessa käytettävä robotiikka on vielä toistaiseksi melko vaatimattomalla tasolla. Potentiaalia robotiikan käyttämiseen on paljon, mutta merkittäviä läpimurtoja ei tutkimustoiminnasta huolimatta ole Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisun (Ventä

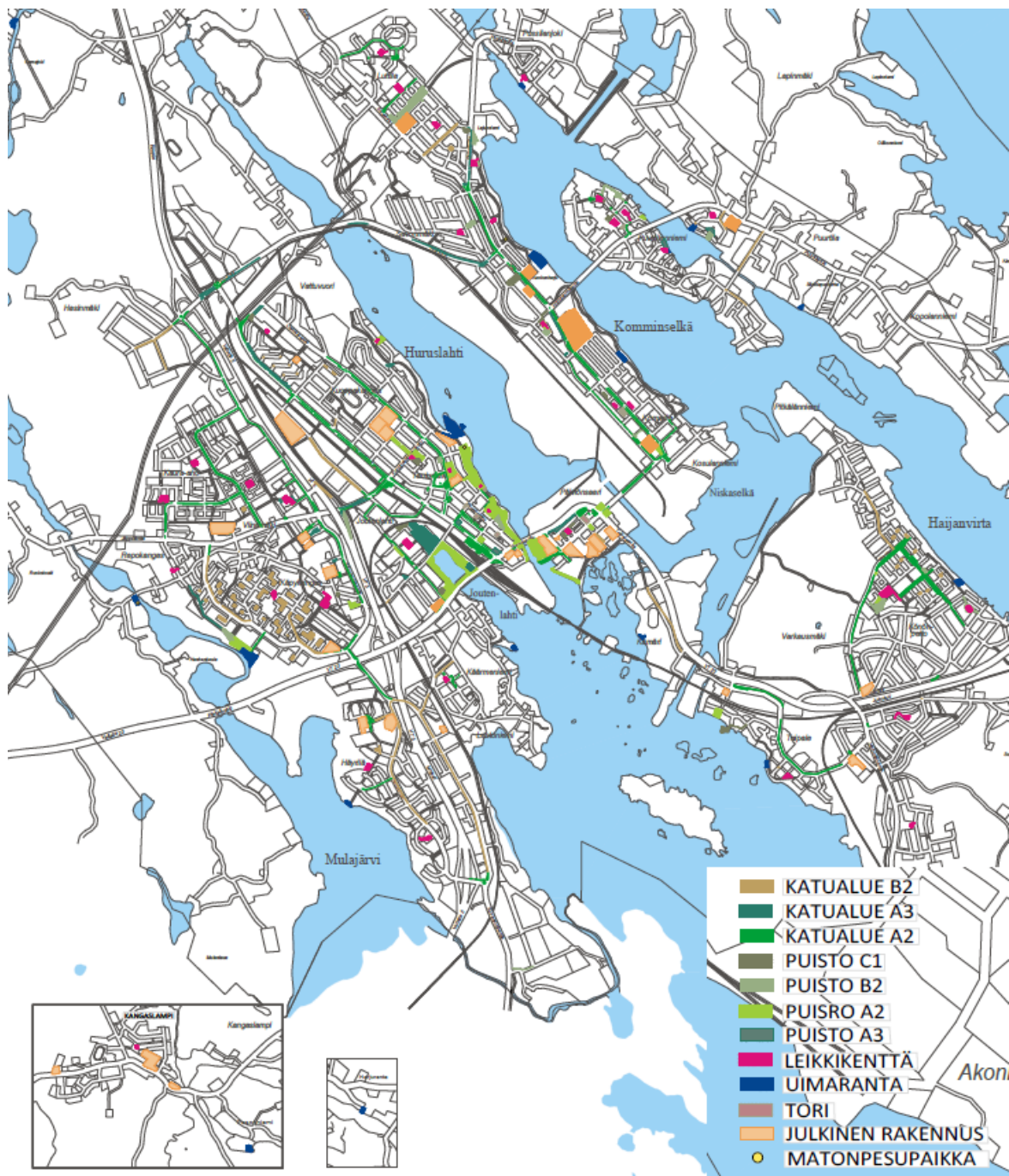
ym. 2016, 19) mukaan syntynyt. Betonirakenteiden itsenäiset purkurobotit ovat seuraava mahdollinen yleistävä kaupallinen laitekokonaisuus, joita on kehitetty työolosuhteiden parantamisen tueksi. Kyseisten laitteiden tarkoitus olisi vähentää purkutyön aiheuttamia pöly- ja meluhaittoja ja vähentää työn raskautta. (Ventä ym. 2016, 18–19.)

## 9 VARKAUDEN KAUPUNKIALUEURAKKA

Varkauden kaupungin kunnallistekniikan urakkakilpailutus järjestettiin keväällä 2015. Kilpailutuksen myötä Destia Oy sai urakan itselleen. Destian urakkasopimus alkoi vuonna 2016 toukokuussa ja sopimus kestää seitsemän vuotta. Urakkasopimus on kokonaisarvoltaan noin 25 miljoonaa euroa. Urakka sisältää muun muassa kaikkien puistojen, katuviheralueiden, ulkoilureittien ja virkistysalueiden kesä- ja talvihoitotyöt, sekä lisäksi katujen ja vesihuollon rakentamisen. (Tuovinen 2017, 33) Varkaudessa katujen ja ulkoalueiden hoidon ulkoistamisesta on saatu hyviä kokemuksia. Kaupungin laskelmien mukaan työtehtävien ulkoistaminen on tullut 600 000 euroa omaa tuotantoa edullisemmaksi vuositasolla. Myös työn laadun on todettu olevan parempaa kuin omana työnä tehtynä. (Nurmi 2015; Valtonen 2011.)

Varkauden viheralueiden hoitoluokituskartasta (kuva 15) käy ilmi, että keskustan alueella hoidon taso on pääsääntöisesti korkeammalla tasolla kuin ympäröivien alueiden.





Kuva 15. Varkauden alueurakan viheralueiden hoitoluokitus (Varkauden kaupunki 2014a) (\*Kuvaa muokattu)

Varkauden urakassa puistojen hoitoluokitus on sovellettu teknisessä lautakunnassa vastaamaan kunkin puiston ja katuviheralueen hoitotarvetta. Toiminnan tärkeimpinä painopistealueina ovat keskustan puistojen ja katujen viheralueiden hoitotyöt sekä leikkipuistot. Asukasyhdistykset ovat suuressa roolissa yhdessä kaupungin kanssa viihtyisän elinympäristön suunnittelussa ja hoidossa. (Tuovinen 2017, 44)

Varkauden puistoluokitus 2016:

- A2 27,72 ha
- A3 5,73 ha
- B2 6,15 ha

- C1 2,68 ha
- E 9,97 ha. (Varkauden kaupunki 2014b)

Automaatiotekniikan hyödyntämismahdollisuuksia ja soveltuvuutta nurmi- ja puistoalueiden hoitopalveluissa tutkitaan kohdennetusti Destian käynnissä olevassa Varkauden kaupunkialue- hoitourakassa. Tämän konkreettisen tutkimusalan avulla voidaan verrata nykyisten työmenetelmien ja robotiikalla saavutettavan työn taloudellisuutta sekä tehokkuutta.

### 9.1 Itsenäisyyden puisto

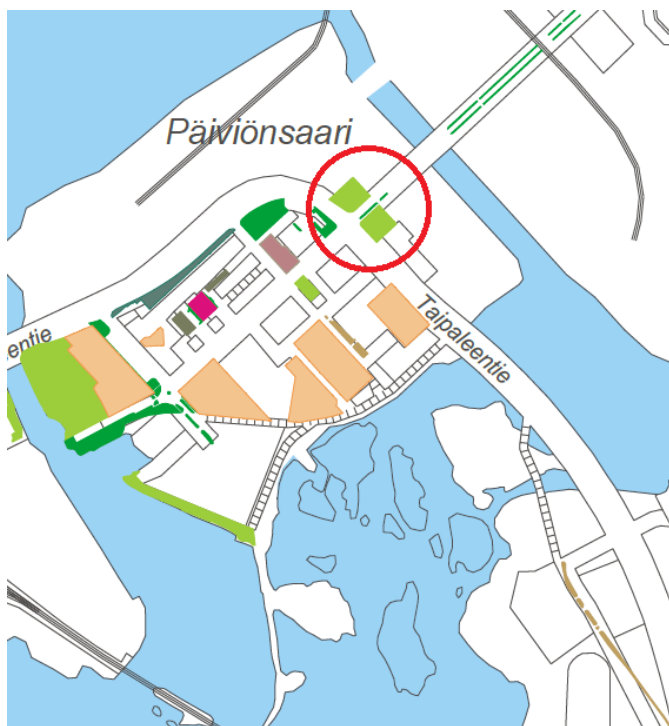
Itsenäisyyden puisto on Varkauden kaupungin keskeisin viheralue. Se kuuluu hoitoluokituksestaan A2 luokkaan. Puiston pinta-ala on 12791 m<sup>2</sup> eli noin 1,3 hehtaaria. Puisto sijaitsee Varkauden kaupungintalon sekä oikeustalon välittömässä läheisyydessä Taipaleentien varressa (kuva 16). Puistossa järjestetään vuosittain lukuisia tapahtumia sekä erilaisia työpajoja. Puisto rajautuu Pirtinvirtaan, jossa on muun muassa mahdollisuus virkistyskalastukseen. Talvisin puiston alueella kulkee päiväkodin hiihtolatu. Itsenäisyydenpuistossa on monipuolinen valikoima erilaisia kasveja, perennoja, pensaita ja puita. Leikkauspäiväkirjojen mukaan puistoalueen niittotyö kahdella päältä ajettavalla leikkurilla vie aikaa n. 4 tuntia per leikkauskerta sisältäen viimeistelytyöt kuten trimmeröinnin. (Varkauden kaupunki 2014c.)



Kuva 16. Itsenäisyyden puisto (Varkauden kaupunki 2014a)

### 9.2 Walterin puisto

Walterin puisto on Varkauden vanhin puisto ja sen juuret ulottuvat aina 1920-luvulle saakka. Puistoalueen rakenteina on tiilestä ja graniitista valmistettu pergola, jossa on suihkulähde. Puistossa on monipuolisesti erilaisia kasveja. Puisto myös jatkuu Ahlströminkadun toiselle puolelle, missä sijaitsee Walter Ahlströmin muistomerkki. Walterin puisto kuuluu hoitoluokituksestaan A2- hoitoluokkaan (kuva 17) ja puiston pinta-ala on 5 175 m<sup>2</sup> eli n. 0,5 hehtaaria. Leikkauspäiväkirjojen mukaan puistoalueen niittotyö kahdella päältä ajettavalla leikkurilla vie aikaa n. 45 minuuttia per leikkauskerta sisältäen viimeistelytyöt. (Varkauden kaupunki 2014c.)



Kuva 17. Walterin puisto (Varkauden kaupunki 2014a)

### 9.3 Nykyiset toimintamenetelmät

Varkauden urakassa puistoalueiden niittotyöt aloitetaan yleensä toukokuun puolivälistä ja leikkausta jatketaan läpi kesän aina syyskuulle saakka säästä riippuen. Urakan alkaessa urakoitsija hankki kaksi päältä ajettavaa leikkuria, joilla työt suoritetaan pääosin. Niittotöissä käytetään Grasshopper ja Kubota merkisiä päältä ajettavia ruohonleikkureita ja murskaustyössä käytössä on Lm Trac merkinen monitoimikone (kuva 18). Leikkauspäiväkirjojen mukaan yhdelle koneelle tulee kesän aikana keskimäärin noin 2300 ajokilometriä sisältäen siirtymiset kohteiden välillä. Sääolosuhteet huomioon ottaen leikkurit työskentelevät kesäajan lähes taukoamatta ja kesän aikana koneille kertyy jopa noin. 20

työviikkoa. Teoreettisesti ajateltuna jos leikkurit työskentelisivät 20 työviikon ajan 8 tuntia päivässä leikkureille kertyisi noin 800 käyttötuntia kesäkauden aikana, mikä on varsin paljon. (Kettunen 2019–04–04.)



Kuva 18. Lm Trac -monitoimikone (laimu.fi 2019)

Normaaleilla toimintamenetelmillä niittotyötä suoritettaessa on huomioitava monia erilaisia seikkoja, mitkä vaikuttavat ympäristöön. Normaalit päältä ajettavat ruohonleikkurit tuottavat pyöreästi noin 100 dB melutason, mikä häiritsee leikkurin lähistöllä oleskelevia ihmisiä. (Konetalo Vainikka 2019.) Melutason vuoksi leikkuutyöt on suoritettava päiväsaikaan ympäristön häiritsemisen minimoimiseksi. Toinen merkittävä seikka on turvallisuus. Ajettavalla ruohonleikkurilla niittotöitä suoritettaessa kaupunkiympäristössä tulee kuljettajan huomioida ympäristöä jatkuvasti. Esimerkiksi leikkipuistoissa niittotyötä tehdessä tulee tarkkailla puistossa liikkuvia ihmisiä ja mahdollisesti sulkea alue hetkellisesti vaaratilanteiden välttämiseksi. Nurmialueilla on usein roskia sekä kiviä, jolloin leikkurilla ajettaessa leikkuri levittää niitetyn ruohon ja sen seassa olevat irtomateriaalit. Ruohon seassa oleva kivi voi sinkoutua ja osua koneen välittömässä läheisyydessä oleskeleviin ihmisiin aiheuttaen merkittävän vaaratilanteen. (Kettunen 2019–04–04.)

Kesäaikaan sääolosuhteet luovat myös oman haasteensa niittotöiden suorittamiselle. Kesäaikaan niittotöitä suoritettaessa leikkureiden koneet joutuvat kovan rasituksen alaisiksi lämpötilan noustessa keskipäivällä hellelukemiin. Tämä aiheuttaa sen, että koneita on tarpeellista jäähdytellä päivisin pitämällä taukoja tiheimmin ja ajamalla kone varjoon, minkä vuoksi työntoteutus hidastuu. Liiallinen rasitus lisää koneen kuormitusta ja pidemmällä tähtäimellä vaikuttaa koneen käyttöikään ja huoltoväleihin ja sitä kautta suoraan kustannuksiin. (Kettunen 2019–04–04.)



## 10 ESITYS ROBOTIIKAN KÄYTTÖÖNSAATTAMISESTA

Tässä luvussa esitellään erilaisia mahdollisia laiteratkaisuja nurmi- ja puistoalueiden hoitopalveluiden hyödynnettäviksi. Luvussa käsitellään heti tarjolla olevia laiteratkaisuja, joiden hyödyntäminen olisi mahdollista hyvinkin pienin kehityskaskelin sekä ajatuksia tulevaisuuden laiteratkaisuista sekä laitteiden kehityssuunnista.

### 10.1 Heti saatavilla olevat laiteratkaisut

#### 10.1.1 Spider ILD02 -niittorobotti

Spider-niittorobotit ovat monikäyttöisiä radio-ohjattavia ruohonleikkureita (kuva 19), jotka on varustettu monipuolisin ominaisuuksin. Slope-mower sivuston mukaan laitteen suurimpiin etuihin kuuluu: kiipeilyominaisuus, alhaiset kustannukset, korkea käyttäjäturvallisuus sekä monipuolinen soveltamisala. Laitteen hinta Suomessa on maahantuojan mukaan 26 900 euroa alv 0 % (J-trafing 2019–04–18). Valmistajan mukaan Spider- niittorobotteja voidaan hyödyntää niittotöiden ohella myös talvikaudella. Laitteeseen on saatavana lumiaura lisävarusteena, jonka avulla laitteen luvaan poistavan helposti jopa 30 senttimetrin lumipeitteen. (Slope-mover 2019.)

Laitte on varustettu alleen murskaavalla vaakatasoleikkurilla, joka on erityisesti suunniteltu rinteille ja jopa 45 asteen luiskien niittämiseen. Lisävarusteena saatava automaattivinssi mahdollistaa jopa 55 asteen niittokulman. Valmistajan mukaan leikkuria voidaan käyttää tasaisilla hyvin leikatuilla alueilla, mutta myös erittäin jyrkillä rinteillä, joilla kasvusto on tiheämpää. Laitteen valmistajan mukaan laitteen monipuolinen konstruktio tarjoaa moninkertaisen työsaavutuksen verrattuna polttomootorikäyttöiseen raivuriin. (Slope-mover 2019.)

Valmistajan mukaan Spider ILD02 kykenee korvaamaan jopa 15 harjaleikkuria tai yhden raskaan koneen pitämällä käyttökustannukset paljon pienempinä. Arvio perustuu patentoituun käyttöjärjestelmään, joka mahdollistaa jokaisen liikkeen tuottavuuden ja poistaa niin sanotun hukka-ajon, joka aiheutuu esimerkiksi päältä ajettavan leikkurin kääntämisestä sekä uuteen riviin siirtymisestä. (Slope-mover 2019.)

Laitte lisää myös merkittävästi työturvallisuutta, sillä käyttäjään ei kohdistu tärinää lainkaan eivätkä pakokaasut ja sekä meluhaitat kohdistu kuljettajaan. Laitteen käyttäjän ei myöskään itse tarvitse kulkea jyrkillä ja vaarallisilla rinteillä, sillä kauko-ohjaimen kantosäteeksi luvuataan n. 100 metriä. Laittevalmistajan mukaan fyysisesti vaativan työn ollessa pienempi päivittäinen tuottavuus on paljon korkeampi kuin käsikäyttöisissä koneissa, koska ylimäärisiä lepoukoja taukoja ei tarvita toisin kuin käsikäyttöisellä koneella työskenneltäessä lämpimällä kesä säällä. (Slope-mover 2019.)

Spider-leikkurit varustetaan neliteräisellä leikkuumeکانismilla, joka tuottaa huolitellun leikkauksen. Terät valmistetaan erikoiseseoksista, joka takaa riittävän voimakkuuden ja riittävän joustavuuden, mikäli nurmikolla on kiinteitä esteitä, kuten oksia. Normaaleiden terien lisäksi valmistaja tarjoaa myös kaarevia teriä, jotka soveltuvat erityisesti puistojen ja puutarhojen hoitoon niittotiheyden ollessa suurempi. Tarkemmat tekniset tiedot laitteesta on esitetty taulukossa 3. (Slope-mover 2019.)



Kuva 19. SPIDER ILD02 -niittorobotti (Slope-mover 2019)

Taulukko 3. Spider ILD02 -niittorobotti (Slope-Mower 2019; J-trading 2019-04-18)

<b>Laitteen teknisiä tietoja:</b>	
<b>Ajoyksikkö:</b>	Kawasaki FS691V - 21 hv
<b>Mitat(cm):</b>	164 x 143 x 92
<b>Hinta (euroa alv 0%):</b>	26900 euroa
<b>Niittoala (m<sup>2</sup>):</b>	7000 m <sup>2</sup> /h
<b>Polttoaineen kulutus (l/h)</b>	3-5
<b>Niittoleveys (cm):</b>	123 cm
<b>Nopeus (km/h):</b>	0 - 8
<b>Leikkuukorkeus (cm):</b>	9 - 14 cm / 7 - 12 cm
<b>Paino (kg):</b>	387

### 10.1.2 TurfLynx-autonominen leikkuri

Turf Lynx on golfkentille suunnattu täysin autonominen ruohonleikkuri. Valmistajan mukaan laite on ensimmäinen täysin autonominen väyläleikkuri (kuva 20). Leikkuri toimii 100 % sähköllä, mikä on sen yksi suurimmista eduista. Toinen leikkurin selkeä etu on sen helppo hallittavuus. Laitteelle asetetaan kartta ja valitaan haluttu leikkaustapa, jonka jälkeen leikkuria voidaan ohjata tietokoneesta, tabletista tai älypuhelimesta etäsovelluksella. Leikkauksen jälkeen leikkuri tekee kaikki raportit leikkaustoiminnasta automaattisesti. Laitteen sähkökäyttöisyys on merkittävässä roolissa kestävän kehityksen näkökulmasta. Laitteesta ei synny päästöjä eikä esimerkiksi hydrauliiikan vuotoja toisin kuin perinteisistä ruohonleikkureista. Sähkökäyttöisyys vähentää myös voimakkaasti melun ja ilman saastumista ja mahdollistaa leikkurin työskentelyn myös öisin. (Turf lynx 2019.)

Laitteen teknisistä ominaisuuksista ja taloudellisista tiedoista on toistaiseksi saatavilla tietoa vielä varsin niukasti. Valmistajan sivuilla on kuitenkin laskurimalli, millä asiakas voi laskea Turf Lynxin tuomat teoreettiset säästöt verrattuna normaaliin polttoainekäyttöiseen ruohonleikkuriin. Laite on lähtökohtaisesti suunniteltu toimimaan golf-kenttien väyläkunnossapidossa, mutta mahdollisesti sen toimivuutta voitaisiin kokeilla myös puistoalueilla. (Turf lynx 2019.)



Kuva 20. Turf Lynx -leikkuri (Turf lynx 2019)

### 10.1.3 Ambrogio L400 -robottiruohonleikkuri

Ambrogio L400 Elite robottiruohonleikkuri (kuva 21) luvataan olevan ainoa keskikokoinen täysin autonominen robottiruohonleikkuri, joka kykenee hallitsemaan jopa 30 000 m<sup>2</sup> (=3 hehtaarin) alueen senttimetrien tarkkuudella ilman erillistä asennusta. Laite on suunniteltu ensisijaisesti suurten alueiden kuten puistojen, golfkenttien, lentokenttien ja jalkapallokenttien hoitamiseen. Erillisen GPS- järjestelmän ansiosta robotti hallitsee suuretkin leikkuaalueet ilman rajalangan asentamista. Robotti kykenee itsenäisesti liikkumaan ja niittämään muistaen alueet, jotka on jo leikattu aiemmin. Ambrogio on varustettu harjattomilla terä- ja pyörämootoreilla, joiden luvataan olevan huoltovapaampia ja pidemmällä elinkaarella varustettuja. Laitteen valmistajan mukaan ne ovat myös hiljaisempia ja kuluttavat vähemmän energiaa verrattuna muiden valmistajien leikkuriratkaisuihin. Eco-asetus auttaa robottia tunnistamaan jo leikatun ruohon ja lyhentämään leikkuaikaa robottia säästämällä. Robotin mukana tulee valmistajan tablettilaitte, mikä on varustettu Motion Control- järjestelmällä, joka sallii robotin ohjaamisen käsiliikkeillä. Ruostumattomasta teräksestä

valmistetut kolme 4-sakaraista tähtiterää (kuva 22) kykenevät niittämään yhteensä 84 cm leveydeltä. Terät on sijoitettu niin, että ne seuraavat maaston muotoja, jolloin työskentely onnistuu erinomaisesti myös epätasaisella pinnalla. Leikkuujärjestelmän luvataan takaavan täydellisen lopputuloksen kaikilla ruohopinnoilla. Laitteen asennuksen yhteydessä käyttäjä voi määritellä kartan, joka sallii robotin luoda erilaisia leikkuureittejä hoitaakseen leikkuualueen mahdollisimman lyhyessä ajassa. Laitte on lisäksi varustettu Bluetooth vastaanottimella, mikä mahdollistaa päivitysten vastaanottamisen suoraan älypuhelimelta robotille. Laitteen yksi suurimmista eduista on se, että se kykenee hallitsemaan useita eri alueita, eikä sillä ole maksimia leikkuualueiden määrälle. Laitteelle asetetaan tiedot halutusta leikkuualueesta ja leikkausmäärästä, jonka jälkeen roboti kykenee menemään alueelle itsenäisesti esimerkiksi kapeita reittejä pitkin, teiden reunoja pitkin tai pihojen poikki. Tarkemmat tekniset tiedot esitetty taulukossa 4. (Ambrogio robot 2019.)



Kuva 21. Ambrogio L400 Elite -leikkuri (Puutarhatukku 2019)



Kuva 22. Tähtiterät takaavat huolitellun lopputuloksen (Puutarhatukku 2019)



Taulukko 4. Ambrogio L400 ELITE -robottiruohonleikkuri (Ambrogio robot 2019)

<b>Tekniset tiedot:</b>	
<b>Hinta (euroa):</b>	18 990
<b>Mitat (cm):</b>	120x97x38
<b>Melutaso (dB):</b>	65-75
<b>Suosittelun enimmäisalue m<sup>2</sup> (-20%):</b>	30.000
<b>Akku (V):</b>	25,9
<b>Akun kapasiteetti (Ah):</b>	60
<b>Maksimi sallittu rinne (%):</b>	45
<b>Työskentelyaika (yhtäjaksoisesti) +/-20%</b>	11:00
<b>Leikkuuleveys (cm):</b>	84 (3 terää)
<b>Leikkuukorkeus (mm):</b>	25-85
<b>Latausasema:</b>	Automaattinen
<b>Sadetunnistin:</b>	Kyllä
<b>Nosto/Kaatumistunnistin:</b>	Kyllä
<b>Stop/Hätäpysäytys Nappi:</b>	Kyllä
<b>Rajalankaa (m):</b>	Ei tarvita

#### 10.1.4 BigMow-robottiruohonleikkuri

Tehdessäni selvitystä robottileikkureiden hinnoista ja ominaisuuksista maahantuojan myyjä suositteli vielä lisäksi tätä kyseistä Belrobotics Bigmow robottiruohonleikkuria (kuva 23). Maahantuojan mukaan kyseessä on tehokas robottileikkuri, mikä on samalla myös 100 % ekologinen. Leikkuri on varustettu viidellä leikkuupäällä, joissa on yhteensä 15 kappaletta leikkuuteriä ja 5 kappaletta etäisyyttä mittaavia sensoreita. Terät ja sensorit takaavat tarkan leikkuujäljen ja pysäyttävät leikkurin yllättävän esteen ilmaantuessa. Leikkurin toimintaa on myös mahdollista seurata esimerkiksi omasta puhelimesta, jonne on saatavilla kaikki tiedot koneen toiminnasta. Laitteen päästöjä ja ominaisuuksia on verrattu diesel käyttöiseen leikkuriin, ja maahantuojan mukaan tässä leikkurissa on 10 kertaa pienemmät CO<sub>2</sub>-päästöt kuin normaalissa dieselkäyttöisessä leikkurissa. Laitteen tarkempia teknisiä tietoja käsitellään taulukossa 5. (J-trading 2019.)



Kuva 23. Bigmow-robottiruohonleikkuri (J-trading 2019)

Taulukko 5. Big Mow-robotiruohonleikkuri (J-trading 2019)

<b>Tekniset tiedot:</b>	
<b>Mitat (cm):</b>	111x127x51
<b>Paino (kg):</b>	71
<b>Hinta (euroa):</b>	14900
<b>Leikkusala (m<sup>2</sup>):</b>	24000
<b>Työleveys (mm):</b>	1033
<b>Leikkuukorkeus (mm):</b>	20-100
<b>Melutaso (dB):</b>	52
<b>Latausaika (min):</b>	80
<b>GPS seuranta järjestelmä:</b>	Kyllä
<b>Varoitusjärjestelmä var- kauden/häiriön varalta:</b>	Kyllä

## 10.2 Laitteiden tehokkuuksien vertailua

Tässä kappaleessa vertaillaan Varkauden alueurakan nykyisten toimintamenetelmien sekä kahden parhaiten soveltuvimman laiteratkaisun tehokkuuksia valituissa puistokohteissa. Tulokset on esitelty tarkemmin taulukossa 6.

Taulukko 6. Spider ILD02 ja Ambrogio L400 Elite -robotileikkureiden tehokkuuksien vertailua

<b>Puistot:</b>	<b>Itsenäisyydenpuisto: 12 791 m<sup>2</sup> eli n. 1,3 ha</b>	<b>Walterin puisto: 5 175 m<sup>2</sup> eli n. 0,5 ha</b>
<b>Nykyiset menetelmät: (Kaksi päältä ajettavaa ko- netta)</b>	n. 4 h/leikkauskerta (sis. trimme- röinti)	n. 45 min/leikkauskerta (sis. trim- meröinti)
<b>Spider ILD02 (7 000 m<sup>2</sup>/h = 116,6666 m<sup>2</sup>/min)</b>	12 791 m <sup>2</sup> / 116,6666 m <sup>2</sup> /min = 110 min = 1 h 50 min	5 175 m <sup>2</sup> / 116,6666 m <sup>2</sup> /min = n. 45 min
<b>Ambrogio L400 Elite (30 000 m<sup>2</sup>/660 min = 45,45 m<sup>2</sup>/min)</b>	12 791 m <sup>2</sup> / 45,45 m <sup>2</sup> /min = 281,402 min = 4 h 41 min	5 175 m <sup>2</sup> / 45,45 m <sup>2</sup> /min = 113,85 min = 1 h 53 min

Tehokkuutta laskettaessa näistä kahdesta laitteesta Spider ILD02 -niittorobotti erottuu selkeästi edukseen. Varkauden nykyisiä toimintamenetelmiä vertaillaessa näihin kahteen laitteeseen suorituskyvyissä ja niittoajoissa ilmenee selkeitä laskennallisia eroja. Itsenäisyydenpuiston niittoaika on nykyisillä toimintamenetelmillä noin neljä tuntia per leikkauskerta sisältäen viimeistelytyöt, kuten trimmeröinnin. Spider ILD02 tehokkuudeksi valmistaja ilmoitti 7 000 m<sup>2</sup>/h, mikä tarkoittaa noin 117 m<sup>2</sup>/min työtahtia. Näillä arvoilla laskettuna laite kykenisi suoriutumaan Itsenäisyyden puiston 1,3 hehtaarin alueesta yhdessä tunnissa ja 50 minuutissa ja viimeistelytyöt lisättyinä noin kahdessa tunnissa ja 30 minuutissa. Kyseessä on siis merkittävästi nopeampi vaihtoehto verrattuna aiempaan toimintatapaan. Walterin puistossa puolestaan niittoaika oli nykyisillä toimintamenetelmillä noin 45 minuuttia per leikkauskerta sisältäen viimeistelytyöt. Tämän pienemmän puiston laskennalliseksi niittoajaksi Spider-niittorobotilla saatiin sama aika.

Ambrogio L400 Eliten suorituskapasiteetiksi valmistaja lupaa 30 000 m<sup>2</sup> ja yhtäjaksoiseksi toiminta-ajaksi 11 tuntia. Täten työtehoksi saadaan noin 45 m<sup>2</sup>/min. Näillä arvoilla laskettuna Itsenäisyyden puiston niittotyöstä laite suoriutuisi noin neljässä tunnissa ja 40 minuutissa sisältäen viimeistelytyöt, joiden kesto on noin 30 min. Walterin puiston niittotyö veisi aikaa noin 1 h 55 minuuttia sisältäen viimeistelytyöt noin 30 min. Laitte on siis jonkin verran nykyistä toimintatapaa hitaampi.

## 11 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työn tarkoituksena oli tarkastella automaatiotekniikan hyödyntämismahdollisuuksia ja soveltuvuutta nurmi- ja puistoalueiden hoitopalveluissa. Työssä perehdyttiin viheralueiden hoitotöiden työselityksiin sekä laatuvaatimuksiin, jonka jälkeen pystyttiin luomaan esitys mahdollisten sopivien laitteiden käyttöönotosta. Tilaaja voi käyttää työstä saatuja tuloksia mahdollisia laitehankintoja suunnitellessa.

Laiteratkaisuista Spider ILD02 -niittorobotti olisi tällä hetkellä varsin varteenotettava ratkaisu kunnossapidon tueksi. Laite on monikäyttöinen lisävarusteiden ansiosta, minkä vuoksi sen hyödynnettävyys on aivan eri luokkaa kuin täysin autonomisten pienempien robottileikkureiden. Kauko-ohjattava niittorobotti lisäisi myös merkittävästi työturvallisuutta ja parantaisi työn tehokkuutta. Laite ei kuitenkaan ole täysin autonominen, mikä oli yksi tilaajan toiveista. Toisaalta täysin autonomisten leikkureiden toimivuudesta, suorituskyvystä sekä hyödyistä kunnossapitourakoissa ei ole tarkkaa tietoa ennen testijakson järjestämistä.

Toisaalta myös Ambrogio L400 Elite -autonominen robottiruohonleikkuri, mikä on suunniteltu suurien alueiden, kuten lentokenttien ja puistoalueiden viherhoitoon, olisi varteenotettava vaihtoehto kunnossapidon käyttöön. Laite on täysin autonominen ja kykenee hallitsemaan jopa kolmen hehtaarin kokoisia alueita, jolloin suurempienkin puistoalueiden niittotyöt onnistuisivat samalla laitteella.

Nykyaikana ilmasto sekä ympäristöystävällisyys ovat merkittävästi esillä yhteiskunnassa, mikä luo odotuksia ja velvoitteita myös kunnossapidon urakoihin. Hankittavien laitteiden tulisi olla ekologisista, vähäpäästöisiä ja ympäristöä säästäviä. Spider ILD02 -niittorobotti on polttomoottorilla varustettu, mikä onkin laitteen haittapuoli. Päästöt on kuitenkin huomioitu valmistajan toimesta ja laite on suunniteltu mahdollisimman kevytrakenteiseksi ja sen kautta niin vähäpäästöiseksi kuin mahdollista. Ambrogio L400 Elite -robottiruohonleikkuri puolestaan on täysin sähkökäyttöinen, jolloin sen toiminnasta ei aiheudu ylimääräisiä päästöjä ympäristöön. Sähkökäyttöisyys tekee laitteesta hiljaisen, jolloin autonominen laite kykenee työskentelemään itsenäisesti mihin vuorokauden aikaan hyvänsä, toisin kuin polttomoottorikäyttöinen ohjattava leikkuri, jonka melupäästöt ympäristöön aiheuttavat haittaa laitteen läheisyydessä oleskeleville ihmisille.

Tehokkuutta pohdittaessa näistä kahdesta laitteesta Spider ILD02 -niittorobotti erottuu selkeästi edukseen. Varkauden nykyisiin toimintamenetelmiä vertaillaessa näihin kahteen laitteeseen suorituskyvyissä ja niittoajoissa ilmeni selkeitä laskennallisia eroja. Spider ILD02 osoittautui nopeammaksi kuin nykyinen toimintatapa. Lisäksi laite tuo säästöjä työvoimakustannuksissa, sillä laitteen ohjaamiseen tarvitaan ainoastaan yksi henkilö. Ambrogio L400 Elite puolestaan on hitaampi ratkaisu, mutta autonomisuuden ja sähkökäyttöisyyden takia laitetta on mahdollista käyttää mihin vuorokauden aikaan hyvänsä, jolloin heikompi suorituskyky ei ole niin suuri ongelma.

Hintavertailun perusteella laitteet vaativat toistaiseksi vielä melko suuria investointeja yrityksiltä, mutta laitteiden hinnat tulevat mahdollisesti laskemaan teknologian kehittyessä ja laitteiden markkinaosuuksien kasvaessa. Spider ILD02 -niittorobotin hinta on Suomessa noin 27 000 euroa (alv 0 %), mutta laitteen säästämät työvoimakustannukset ja monikäyttöisyyden tuomat säästöt ovat sen verran merkittäviä, että laite maksaa itsensä takaisin karkeasti arvioituna muutamassa vuodessa. Ambrogio L400 Elite -leikkurin hinta puolestaan Suomessa on noin 19 000 euroa. Laitteen tuomat edut ja laitteen käyttömahdollisuudet puoltavat laitteen esittämistä käyttöönotettavaksi.

Viheralueiden ja puistojen erilaiset ominaisuudet ja maastonmuodot asettavat kuitenkin laitteille omat haasteensa. Spider ILD02 -niittorobotti on suurikokoinen ja isoilla pyörillä varustettu tehokas laite, minkä vuoksi sen toimivuus eri kohteissa ja erilaisissa kaltevuuksissa on todennäköisesti varsin hyvä. Sen sijaan Ambrogio L400 Elite -robotti-ruohonleikkurin toimivuus vaihtelevissa kaltevuuksissa ja olosuhteissa on laitteen suurin epävarmuustekijä. Opinnäytetyön aikana ei ollut mahdollista järjestää erillistä testausjaksoa laitteille, minkä vuoksi laitteen toimivuudesta vaihtelevassa maastossa ei ole täyttä varmuutta.

Ambrogio L400 Elite on myös varsin pienikokoinen laite, mikä tekee laitteesta melko alttiin ilkivallalle ja varkauksille. Laite on varustettu kuitenkin varashälyttimellä sekä suojauskoodeilla, joten sitä ei ole mahdollista ottaa käyttöön ilman tunnusta. Lisäksi laite tarvitsee alkuperäisen lataustelakan toimiakseen. Vaikka laite on varustettu varkautta estävillä ominaisuuksilla, suurempi huoli on siihen kohdistettu ilkivalta. Laitteen liikkussa autonomisesti kaupunkirakenteen sisällä puistoissa lähellä ihmisiä, sen ympäri kääntäminen tai muu häirintä, joilla työnteko hidastuu, voi osoittautua huolenaiheeksi.

Vaikka kunnossapidon vaatimuksiin soveltuvia laitteita on markkinoilla niukasti vielä toistaiseksi, tulevat laitteiden rakenteet ja suorituskyky kehittymään varmasti tulevaisuudessa ja markkinoille saadaan tehokkaita ja suorituskyvyllään riittäviä laiteratkaisuja. Myös laitteiden helppokäyttöisyys ja etäohjauksen kehittyminen tulevat varmasti olemaan suuressa roolissa lähitulevaisuudessa.

## LÄHTEET

- AMBROGIO ROBOT 2019. Ambrogio L400 Elite robottiruohonleikkuri [verkkajulkaisu]. [viitattu 2019-04-15.] Saatavissa: <https://www.ambrogiorobot.com/fi/models/view/l400-elite>
- DESTIA 2016. Vuosikertomus 2016 [verkkajulkaisu]. [viitattu 2019-03-20.] Saatavissa: [https://www.destia.fi/media/vuosikertomus-2016/destia\\_vuosikertomus\\_2016.pdf](https://www.destia.fi/media/vuosikertomus-2016/destia_vuosikertomus_2016.pdf)
- DESTIA 2019a. Yritys [verkkajulkaisu]. [viitattu 2019-03-20.] Saatavissa: <https://www.destia.fi/yritys.html>
- DESTIA 2019b. Historia [verkkajulkaisu]. [viitattu 2019-03-20.] Saatavissa: <https://www.destia.fi/yritys.html>
- DESTIA 2019c. Kunnossapito [verkkajulkaisu]. [viitattu 2019-03-20.] Saatavissa: <https://www.destia.fi/palvelut/kunnossapito.html>.
- HUSQVARNA 2019. Automower solar hybrid robottiruohonleikkuri [verkkajulkaisu]. [viitattu 2019-04-02.] Saatavissa: <https://www.husqvarna.com/fi-fi/tuotteet/robottiruohonleikkurit/automower-solar-hybrid/967168424/>
- HUSQVARNA 2019. Automower 310 robottiruohonleikkuri [verkkajulkaisu]. [viitattu 2019-04-02.] Saatavissa: <https://www.husqvarna.com/fi-fi/tuotteet/robottiruohonleikkurit/automower-310/967672921/>
- HÄGGMAN, Bjarne 2007. Viheralueiden hoitoluokitus taajama-alueiden maankäytön ja viheralueiden suunnittelussa [verkkajulkaisu]. Saatavissa: <http://www.metla.fi/tapahtumat/2007/kuntametsien-suunnittelu/bjarne-haggman-tapio.pdf>
- J-TRADING 2019-04-18. Hinnasto [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Olli Pulli. J-Tradingin Kimmo Nuutiselta saatu hinnasto opiskelijalle.
- J-TRADING 2019. Bigmow [verkkajulkaisu]. [viitattu 2019-04-21.] Saatavissa: <https://www.j-trading.fi/kone/bigmow/>
- KETTUNEN, Petri 2019-04-04. Opinnäytetyöpalaveri [kokous]. Varkaus: Destian toimipiste.
- KONETALO VAINIKKA 2019. Stiga tornado 2098 ajettava ruohonleikkuri/ puutarhatraktori [verkkajulkaisu]. [viitattu 2019-04-13.] Saatavissa: <https://konetalovainikka.fi/tuote/stiga-tornado-2098/>
- LAIMU.FI 2019. LM Trac -mallisto [verkkajulkaisu]. [viitattu 2019-04-15.] Saatavissa: <http://laimu.fi/lm-trac/>
- LIIKENNEVIRASTO 2010. Liikenneympäristön ja varusteiden kunnossapidon toimintalinjat [verkkajulkaisu]. Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/livi-toimintalinjat\\_2\\_2010\\_ympariston\\_ja%20varusteiden\\_kunnossapito.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/livi-toimintalinjat_2_2010_ympariston_ja%20varusteiden_kunnossapito.pdf)
- LIIKENNEVIRASTO 2014. Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä [verkkajulkaisu]. Saatavissa: [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2014-18\\_viherrakentaminen\\_hoito\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-18_viherrakentaminen_hoito_web.pdf)
- LIIKENNEVIRASTO 2019. Hoidon ja ylläpidon alueurakoitsijat kartalla 1.10.2018–1.10.2019 [verkkajulkaisu]. Saatavissa: [https://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/121347/Urakka\\_alueet\\_2018-2019.pdf/005ceccc-9e7a-4090-a8c3-da7afc6b884e](https://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/121347/Urakka_alueet_2018-2019.pdf/005ceccc-9e7a-4090-a8c3-da7afc6b884e)
- LÄHELLÄKAUPUNGISSA 2019. Viheralueiden suunnittelu [verkkajulkaisu]. [viitattu 2019-03-13.] Saatavissa: [http://www.lahellakaupungissa.fi/paikat/puisto/viheralueiden\\_suunnittelu/](http://www.lahellakaupungissa.fi/paikat/puisto/viheralueiden_suunnittelu/)
- MARKKANEN, Samuli 2011. Viherhoidon työkapasiteettien selvittäminen tarjouslaskennan ja työnohjauksen tarpeisiin. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2019-03-20.] Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29313/Markkanen\\_Samuli.pdf.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29313/Markkanen_Samuli.pdf.pdf?sequence=1)
- NOUSIAINEN, Minna 2010. Kuopion kaupungin infranhoidon urakka-alueiden tarkastelu. Savonia-ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2019-03-20.] Saatavissa:

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13625/Nousiainen\\_Minna.pdf;jsessionid=12174F92CF8BCF35FAEB66E66EB94881?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13625/Nousiainen_Minna.pdf;jsessionid=12174F92CF8BCF35FAEB66E66EB94881?sequence=1)

NURMI, Riikka 2015. Varkaus luottaa jatkossakin kunnallistekniikan ulkoistamiseen- Destia hyppää ruoriin vuoden päästä. Yle uutiset. Haettu 20.3.2019. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-7924414>

PARTANEN, Vesa 2018. Maanteiden kunnossapito [verkkojulkaisu]. Saatavissa: [https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/32010490/VesaPartanen\\_Maanteiden+kunnossapito.pdf/07f41d9e-4d34-4cb3-a1d0-3c403ba808e1](https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/32010490/VesaPartanen_Maanteiden+kunnossapito.pdf/07f41d9e-4d34-4cb3-a1d0-3c403ba808e1)

PUUTARHATUKKU 2019. Ambrogio L400 Elite [verkkojulkaisu]. [viitattu 2019–04–21.] Saatavissa: <https://www.puutarhatukku.fi/product/602/ambrogio-l400-elite>

SALMI, Timo 2014. Robottiikka – monien mahdollisuuksien tekniikkaa. Teknologian tutkimuskeskus julkaisu. Haettu 20.3.2019. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/Impulssi/Pages/Robottiikka-%E2%80%93-monien-mahdollisuuksien-tekniikkaa.aspx>

SIEMEN JA KONE 2019. Husqvarna robottiruohonleikkurit [verkkojulkaisu]. [viitattu 2019–03–20.] Saatavissa: <http://www.siemensjakone.com/fi/tuotteet/robottiruohonleikkurit/husqvarna-robottiruohonleikkurit>

SLOPE-MOWER 2019. Comparison of models [verkkojulkaisu]. [viitattu 2019–04–01.] Saatavissa: [https://www.slope-mower.com/spider-ild02\\_p11.html](https://www.slope-mower.com/spider-ild02_p11.html)

TIAINEN, Olli-Pekka 2015. Kuopion kaupungin hoitourakoiden taloudellinen ja laadullinen vertailu. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2019–04–12.] Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90317/Tiainen\\_Olli-Pekka.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90317/Tiainen_Olli-Pekka.pdf?sequence=1)

TUOVINEN, Laura 2017. Varkauden kaupungin katupuiden hoitosuunnitelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. Maisemasuunnittelun koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2019–04–15.] Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/139093/opinnaytetyo\\_laura\\_tuovinen\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/139093/opinnaytetyo_laura_tuovinen_.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

TURF LYNX 2019. Turf lynx f315 [verkkojulkaisu]. [viitattu 2019–04–21.] Saatavissa: <https://turflynx.com/#toggle-id-2>

TURUNEN, Jaani 2015. Vihreän ympäristön merkityksestä ihmiselle ja Suomelle [verkkojulkaisu]. [viitattu 2019–03–18.] Saatavissa: <https://www.vyra.fi/blogi/vihrean-ympariston-merkityksesta-ihmiselle-ja-suomelle>

VARKAUDEN KAUPUNKI 2014a. Puistojen, torien, aukoiden, katuviheriöiden ym kunnossapitoalueet [kartta-aineisto]. Tekninen toimi. Varkaus.

VARKAUDEN KAUPUNKI 2014b. Puistojen ja muiden yleisten viheralueiden hoitoluokitus. Tekninen toimi. Kunnallistekniikka. Varkaus.

VARKAUDEN KAUPUNKI 2014c. Rakennettujen puistojen yleisiä ominaispiirteitä. Tekninen toimi. Kunnallistekniikka. Varkaus.

VENTÄ, Olli, LEHTINEN, Hannu, LEMPIÄINEN, Juhani, KYRKI, Ville, RÖNING, Juha, SIREN, Antti, LATOKARTANO, Jyrki 2016. Robottiikan taustaselvityksiä. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2/2016. Saatavissa: <https://www.lvm.fi/documents/20181/877203/Robottiikan+taustaselvityksi%C3%A4/>

VIHERYMPÄRISTÖLIITTO 2007. Viheralueiden hoitoluokitus. Viherympäristöliiton julkaisu nro 36. Helsinki: Viherympäristöliitto ry.

VIHERYMPÄRISTÖLIITTO 2014. Viheralueiden hoito VHT'14 – Hoidon laatuvaatimukset. Viherympäristöliiton julkaisu 55. Tampere: Tammer-Print Oy.