

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TEOLLISUUSKIINTEISTÖN TUOTANTOPROSESSIEN ENERGIAKATSELMUS

RollTest Oy

TEKIJÄ Tarja Avonius

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Tarja Avonius	
Työn nimi Teollisuuskiinteistön tuotantoprosessien energiakatselmus	
Päiväys 30.3.2024	Sivumäärä/Liitteet 50/4
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) RollTest Oy	
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö on tutkimus- ja kehittämistyö, jossa selvitettiin teollisuuskiinteistön tuotantoprosessien energiankulutusta. Työ toteutettiin energiakatselmustyypisesti kartoittaen yrityksen kulutukset vuosilta 2021–2023 ja tutustuttiin tarkemmin kiinteistöön, tuotannonprosesseihin sekä suoritettiin laskelmat kulutusten jakautumisen selvittämiseksi. Opinnäytetyön toimeksiantaja on RollTest Oy ja työn tarkoituksena oli toteuttaa lähtötilanneselvitys yrityksen energiategokkuustoimille sekä varautua mahdollisiin energiaselvitysvelvoitteisiin tulevaisuudessa.</p> <p>Opinnäytetyö koostuu teoreettisesta ja tutkimuksellisesta osuudesta. Teoreettisessa viitekehyksessä käsitellään energiategokkuuden käsitettä yleisesti sekä energiategokkuustoimien merkitystä yritysten näkökulmasta. Lisäksi teoriaosuudessa avataan kansallisen energia- ja ilmastostrategian pääkohtia. Tutkimusosio rakentuu varsinaisesta energiakatselmuksesta, tuloksista sekä kehitysehdotelmista. Katselmus toteutettiin helmi-maaliskuussa 2024 ja siinä suoritettiin tarvittavia kulutuslaskelmia sekä paineilmakompressorin käyttöstemittaus.</p> <p>Katselmuksen tuloksista kävi ilmi, että tuotannon energiankulutus on merkittävä koko yrityksen energiankulutuksen kannalta. Tuotannon energiankulutus käsittää keskimäärin 36 % koko sähkönkulutuksesta sekä tuotannolle välttämätön paineilma 10 %. Katselmuksessa selvitettiin myös konekannan sähkönkulutus konekohtaisesti. Veden kulutuksen voidaan puolestaan todeta olevan tuotannossa hyvin vähäistä, ja kaukolämmön- sekä ilmanvaihdon tarkempi katselmointi sekä kulutuksen jakautuminen tuotannon prosesseihin rajattiin työstä pois. Katselmuksen pohjalta voidaan kuitenkin todeta kiinteistön ilmanvaihdon sekä lämmitysjärjestelmän osuuden olevan merkittävä kokonaiskulutuksen kannalta. Tuotantoon liittyvinä kehitysehdotuksina voidaan pitää uuden kompressorin hankintaa sekä sähköenergiankulutuksen entistä tarkempaa huomiointia töiden työsuunnittelussa ja hinnoittelussa. Lisäksi tulevaisuuden koneuudistukset tulevat lisäämään tehokkuutta jo itsessään, ja esimerkiksi nykyaikaiset moniakselikoneet pystyvät suorittamaan monivaiheisia prosesseja vanhempia koneita tehokkaammin.</p>	
Avainsanat energiankulutus, energiakatselmus, energiategokkuus, tuotannon prosessit, konepaja	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author(s) Tarja Avonius	
Title of Thesis Energy Consumption Survey of Manufacturing processes	
Date 30 March 2024	Pages/Appendices 50/4
Client Organisation /Partners RollTest Oy	
<p>Abstract</p> <p>This thesis is a research and development study, and the goal was to examine energy consumption of the manufacturing processes in the industrial property. The work was carried out in the form of an energy survey by examining the company's energy consumption from 2021-2023. The distribution of consumption was calculated based on the basic data of the property and by reviewing the manufacturing processes. The client organization of the thesis was RollTest Oy and the purpose was to discover the starting situation for the company's energy efficiency measures and to prepare for possible energy related obligations in the future.</p> <p>The thesis consists of a theoretical and survey part. The theoretical part deals with the concept of energy efficiency in general and the importance of energy efficiency measures from the client organizations point of view. The main points of the national energy and climate strategy are also included in the theoretical part. The energy survey consists of the actual energy survey with the results and development proposals. The survey was performed in February-March of 2024 including essential calculations for the consumption and the utilization rate measurement for the compressed air compressor.</p> <p>The results of the survey revealed that the energy consumption of production is significant in term of the energy consumption of the entire company. The energy consumption of the production comprises an average of 36% and the compressed air 10% of the total electricity usage necessary for the production. The electricity consumption of the machinery was also analyzed on a machine-by-machine basis. The results also show that the water consumption in manufacturing processes is very low. A detailed examination of district heating and ventilation as well as the distribution of consumption to production processes were excluded from the thesis although it can be concluded that the property's ventilation and the share of the heating systems are significant in the terms of total consumption. As development proposals related to manufacturing can be considered the purchase of a new pressure air compressor and more profound review for the electrical usage in work planning and pricing. Additionally, all kinds of machine upgrades in the future will increase efficiency. For example modern multi-axis machines can perform multiphase processes more efficiently than older machines.</p>	
<p>Keywords energy consumption, energy survey, energy efficiency, manufacturing processes, works</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	7
1.1	RollTest Oy.....	7
2	ENERGIATEHOKKUUS.....	8
2.1	Kansallinen energia- ja ilmastostrategia.....	8
2.2	Energiatehokkuus yrityksissä	9
2.2.1	Energiakatselmus	10
2.2.2	Energiatehokkuussopimukset.....	11
3	TEOLLISUUDEN ENERGIANKULUTUS	12
4	ENERGIAKATSELMUKSEN KOHDE	14
4.1	Kiinteistön tiedot.....	14
4.2	Tekniset järjestelmät.....	15
4.2.1	Ilmanvaihto.....	16
4.2.2	Lämmitys	16
4.2.3	Paineilma	16
5	KOHTTEEN ENERGIANKULUTUS	17
5.1	Kaukolämpö	17
5.2	Sähkönkulutus	18
5.3	Vedenkulutus.....	19
6	TUOTANNON PROSESSIT.....	20
6.1	Koneistus	22
6.1.1	Konekanta.....	23
6.2	Kokoonpano	24
7	ENERGIAKATSELMUS	26
7.1	Lämmitys ja ilmanvaihto.....	26
7.2	Paineilma	26
7.2.1	Kompressorin käyntiastemittaus	27
7.3	Vedenkulutus.....	30
7.4	Tuotantoprosessien energiankulutus	30
7.4.1	Koneistus	30
7.4.2	Kokoonpano	33
7.5	Valaistus.....	33

7.6	Muu energiankulutus.....	34
8	TULOKSET.....	36
8.1	Sähkö.....	36
8.2	Vesi	39
8.3	Kaukolämpö	40
9	HUOMIOT JA KEHITYSIDEAT	41
9.1	Paineilma	41
9.2	Konekanta.....	41
9.3	Nosto-ovet	42
9.4	Muut	42
10	POHDINTA	44
	LÄHTEET.....	45
	LIITE 1: KULUTUSYHTEENVEDOT – SÄHKÖ.....	47
	LIITE 2: KULUTUSYHTEENVEDOT – VESI JA KAUKOLÄMPÖ.....	50

KUVALUETTELO

KUVA 1.	Yritysten nimeämät keskeiset energiatehokkuustoimien oheishyödyt (Motiva 2018).....	10
KUVA 2.	Teollisuuden energiankäyttö toimialoitain (Teollisuuden energiankäyttö 2019–2020, 6).....	12
KUVA 3.	Sähkön kokonaiskäyttö teollisuudessa (Teollisuuden energiankäyttö 2019–2020, 6).....	12
KUVA 4.	Esimerkki teollisuuskohteen sähkökulutuksesta (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013).....	13
KUVA 5.	RollTest Oy:n kiinteistö.....	14
KUVA 6.	Kiinteistön pohjapiirustukset keskikerroksesta sekä pohjakerrasta	15
KUVA 7.	Kiinteistön lämmitysenergian kulutukset sekä keskilämpötilat vuosina 2021–2023	17
KUVA 8.	Kiinteistön sähkökulutus kuukausitasolla vuosina 2021–2023	18
KUVA 9.	Sähkökulutus vuosina 2021–2023.....	19
KUVA 10.	Vedenkulutus vuosina 2021–2023	19
KUVA 11.	Valmet Pulp Expert perusyksikkö (Valmet 2024).....	20
KUVA 12.	Valmet Paper Lab M-malli (Valmet 2024)	21
KUVA 13.	Valmet DCD (Valmet 2024).....	21
KUVA 14.	Koneistuksen prosessikaavio	22
KUVA 15.	Kokoonpanon prosessikaavio.....	24
KUVA 16.	Mittausraportin tuloksia paineilmantuotosta	28
KUVA 17.	Mittausraportin tuloksia kuormituksista sekä sähkökulutuksesta	29

KUVA 18. Koneistamon koneiden kokonaiskäyttötunnit vuosina 2021–2023	31
KUVA 19. Sähkönkulutuksen jakauma tarkastelujakson keskiarvon mukaan	36
KUVA 20. Koneistamon koneiden kulutusjakauma vuonna 2023	37
KUVA 21. Koneistamon koneiden energiankulutus vuonna 2021–2023	38
KUVA 22. Konekannan sähkönkulutus vuosina 2021–2023	39
KUVA 23. Vedenkulutuksen jakauma tarkastelujakson keskiarvon mukaan	40

1 JOHDANTO

Energiantehokkuuden käsite tulee vastaan yhä enemmän eri asiayhteyksissä ja uusien energiaratkaisujen kehittäminen on pinnalla. Samaan aikaan energiankulutus on kasvussa, joten tarve energiansäästöille korostuu entisestään. Erilaiset energiaratkaisut ja energiansäästötoimenpiteet ovat avain tehokkaaseen energiankäyttöön ja suurten globaalien energiatehokkuusstrategioiden lisäksi myös yritysten olisi hyvä kartoittaa omat säästömahdollisuudet omassa toiminnassaan. Kuhunkin yritykseen parhaiten soveltuvilla toimenpiteillä yritys pystyy kantamaan kortensa kekoon eri ilmasto- ja energiastrategioiden hyväksi, mutta pystyy samalla pienentämään omaa energiankulutusta sekä parantamaan kilpailukykyään.

Opinnäytetyö on tehty RollTest Oy:lle, jossa koetaan tarpeelliseksi kartoittaa kiinteistön energiankulutus. Asiakaskunnan käsittäessä myös suuria kansainvälisiä yrityksiä, RollTest Oy on jo nyt jossain määrin osa suurten yritysten lakisääteistä energiatehokkuusvelvoitetta ja tulevaisuudessa energiansäästö sekä -katselmusvelvoitteet voidaan arvioida laajenevan koskemaan myös pk-yrityksiä. Opinnäytetyönä laadittava katselmus on pohja yrityksen energiatehokkuustoimille sekä mahdollisille velvoitteille tulevaisuudessa. Opinnäytetyössä keskitytään katselmoimaan yrityksen tuotantoprosessien kulutusta, mutta tarkempi kiinteistöön kohdistuva energiakatselmus rajataan työstä pois.

Työhön tarvittavat aineistot ja tiedot kerätään tutustumalla käytännössä yrityksen toimintaan, käydään läpi yrityksen kulutustietoja sekä haastatellaan yrityksen työntekijöitä. Taustateoriaksi kootaan opinnäytetyön aihetta tukevaa tietoa energiatehokkuudesta ja sen hyödyistä yritysmaailmassa, kuvataan energiakatselmuksen käsitettä ja sen luonnetta pakollisena sekä vapaaehtoisena sivuten samalla kansallista energia- ja ilmastostrategiaa.

1.1 RollTest Oy

RollTest Oy on vuonna 1990 perustettu varkauteen teknologiateollisuuden yritys, joka tarjoaa vaativan mekatroniikan sopimusvalmistuspalvelua, tarkkuusmekaniikan koneistusta sekä koneiden ja laitteiden suunnittelua. Sen pääasiallinen toimiala on metallialan alihankintateollisuus, ja yhtiön muita toimialoja ovat kokoonpanopalvelu, konepajateollisuus sekä metallin sorvaus ja jysintä. (RollTest 2024.)

Sopimusvalmistus käsittää pieninä sarjoina valmistettavia mittauslaitteita, robotiikkaa, tuotantoautomaatiolaitteita, prototyyppisiä ja muita mekatroniikan tuotteita, joiden valmistus vaatii mekaniikan lisäksi elektroniikka- ja automaatio-osaamista. Suunnittelupalveluihin puolestaan kuuluu eri teollisuuden alojen laitteet, laitekokonaisuudet sekä tuotekehitysprojektit. Lisäksi RollTest Oy:llä on mahdollisuus valmistaa suunnittelemansa laitteet alusta loppuun testattuna, dokumentoituna ja asiakkaan tiloihin asennettuna. Yrityksen asiakkaisiin lukeutuu muun muassa suuria suomalaisia vientiin suuntautuneita teknologiayrityksiä paperi- ja elektroniikkateollisuuden aloilta ja iso osa asiakassuhteista on kestänyt vuosia tai jopa vuosikymmeniä. (Rolltest 2024.)

2 ENERGIA TEHOKKUUS

Yleisesti kuvattuna tehokkuudella tarkoitetaan sitä, kuinka vähemmällä saadaan enemmän. Energia- ja tehokkuudessa on sama idea; tehokkaaksi muovattu energiankulutus kuluttaa vähemmän kuitenkin heikentämättä energiankulutuksen tuomia hyötyjä.

Energiatehokkuuden edistäminen on osa kansallista sekä EU:n energia- ja ilmastopolitiikkaa, jolla pyritään vähentämään palvelujen, suoritteiden ja tuotteiden tuottamiseen tarvittavaa energiamäärää. Energiatehokkuus-ajattelun keskiössä on tavoite kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä ja energiaa tulee säästää lähtökohtaisesti myös saatavuuden turvaamiseksi. Lisäksi tehokas energiankäyttö tuo kustannussäästöjä sekä se edistää uusiutuvien energiaratkaisujen yleistymistä. Energiavirasto hallinnoi ja ohjaa työ- ja elinkeinoministeriön alle kuuluvia energiatehokkuuden edistämistoimia, joista keskeisimpiin kuuluu muun muassa energiatehokkuussopimukset, energiakatselmukset ja alueellinen energianeuvonta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024, Energiavirasto 2024.)

2.1 Kansallinen energia- ja ilmastostrategia

Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia muodostaa kokonaisvaltaisen ja keskipitkän aikavälin toimintaohjelman, jolla Suomi täyttää EU:n ilmasto- ja energialainsäädännön velvoitteet ja saavuttaa oman kansallisen hiilineutraali 2035-tavoitteensa. Eli se viitoittaa tietä kohti hiilineutraalia ja myöhemmin hiilinegatiivista yhteiskuntaa. Strategian valmistelusta vastaa työ- ja elinkeinoministeriö ja se lähetettiin eduskunnalle selontekona 30.6.2022 valtioneuvoston toimesta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022.)

Strategian ydin muodostuu vihreästä siirtymästä ja irtautumisesta venäläisestä fossiilisesta energiasta, mikä ajankohtaistui keväällä 2022. Lisäksi lämmöntuotannossa halutaan edistää erityisesti polttoon perustumatonta lämmöntuotantoa, ja strategia sisältää myös kansallisen vetystrategian, jolla edistetään vetytaloutta, sähköpolttoaineita sekä asetetaan määrälliset tavoitteet vedyn elektrolyysikapasiteetille. (Hiilineutraali Suomi 2035 – Kansallinen ilmastostrategia 2022.)

Strategiassa on asetettu tavoitteeksi nostaa uusiutuvan energian osuus yli 50 prosenttiin loppukulutuksesta, kasvattaa energiaomavaraisuus yli 55 prosenttiin sekä puolittaa Suomeen tuodun öljyn käyttö ja nostaa uusiutuvien polttoaineiden osuus 2030 mennessä. Strategian mukaan Suomi voi saavuttaa ilmastotavoitteensa, eli kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen 60 prosentin vähennyksen vuonna 2030 vuoden 1990 tasosta, ja hiilineutraaliuden vuonna 2035, jolloin päästöt ovat enintään hiilinielujen aiheuttamien poistumien suuruiset. Päästökauppajärjestelmä, pitkäntähtäimen ilmasto- ja energiapolitiikka sekä panostukset uuteen teknologiaan ovat strategian tärkeimpiä ohjauskeinoja. Toteutuakseen tavoitteet vaativat entistäkin enemmän ruohonjuuritason toimia niin kunnissa, yrityksissä sekä yksityisissä kotitalouksissa. (Hiilineutraali Suomi 2035 – Kansallinen ilmastostrategia 2022.)

2.2 Energiatehokkuus yrityksissä

Energiankulutus on yrityksissä liiketoiminnan kannalta välttämätöntä. Energiaa kulutetaan hyvin eri tarkoituksiin kuten koneisiin ja laitteisiin, lämmitykseen, ilmanvaihtoon, jäähdytykseen, käyttöveden lämmittämiseen sekä valaistukseen. Energiankulutus voi olla toimialan mukaan hyvin suuressa roolissa liiketoiminnan kannalta. Tästä huolimatta energiatehokkuusinvestointeja voidaan monessa yrityksessä tarkastella tuotannollisten investointien kanssa samanarvoisina ja sen vuoksi ne saattavat jäädä helpommin toteuttamatta, vaikka ne olisivat kannattavia. Lisäksi energiatehokkuusinvestointien kannattavuus aliarvioidaan, sillä hyödyksi saatetaan laskea usein vain pelkkä energiansäästö, vaikka yksittäisellä energiatehokkuusinvestoinnilla saavutetaan useita oheishyötyjä. (Motiva 2018.)

Oheishyödyt voidaan jakaa seuraaviin pääryhmiin: taloudellisiin, tuotannollisiin ja toiminnallisiin hyötyihin, ympäristö- ja mainehyötyihin sekä työolojen parantumishyötyihin. Näistä ryhmistä taloudellinen hyöty on energiatehokkuustoimien toteuttamisen kannalta yleensä suurin motivaattori. Tehostetulla energiankäytöllä on lähes poikkeuksetta suora vaikutus yrityksen tuotantotehokkuuteen, kannattavuuteen sekä kilpailukykyyn. Positiiviset vaikutukset huomataan erityisesti yrityksissä, jossa energiaa kuluu paljon. Jopa yhden prosentin säästö energiakuluissa voi näkyä satojen tuhansien eurojen kasvuna tuloksessa. Myös tehokkaamman energiankäytön ansiosta satunnaiset kulutushuiput leikkaantuvat pois ja huipputehon tarve pienenee, mikä voi vaikuttaa taas alentavasti sähköliittymän hintaan. (Motiva 2018.)

Suorien kustannussäästöjen lisäksi vaikutus voi olla myös välillistä. Vastuullisuus on nykyisin usealle yritykselle liiketoiminnan peruslähtökohta ja koko toiminnan läpikäyvä arvo. Erottuminen kilpailijoista energiatehokkuudella voi olla ratkaiseva alihankintakriteeri b2b-asiakkuuksissa. Lisäksi tehokkaamman energiankäytön avulla on mahdollista nostaa tuotantokapasiteettia ilman erillisiä investointeja. Energiatehokkuuden parantaminen voi näkyä myös laitteiden käyttöiän ja huoltovälien pidentymisenä. Lisäksi yritysten energiatehokkuustoimet voivat liittyä valaistukseen, lämmitysjärjestelmään tai ilmanvaihtoon. Näillä kaikilla on myönteisiä vaikutuksia niin tilojen käyttömukavuuteen kuin työviihtyvyyteen. (Motiva 2018.)

Motivan selvityksen pohjalta on koottu suomalaisten teollisuus- ja palvelualan yritysten nimeämät keskeisimmät energiatehokkuustoimien oheishyödyt (kuva 1). Mitä aikaisemmassa vaiheessa nämä oheishyödyt tunnistetaan, sitä paremmin ne palvelevat yritysten selvityksiä ja laskelmia energiatehokkuusinvestointeja kartoittaessa. (Motiva 2018.)



KUVA 1. Yritysten nimeämät keskeiset energiatehokkuustoimien oheishyödyt (Motiva 2018)

2.2.1 Energiakatselmus

Energiatehokkuuslaissa kerrotaan, että yrityksen energiakatselmus on järjestelmällinen menettely, jonka avulla saadaan tietoa yrityksen energiankulutusprofiilista. Energiakatselmuksen avulla tunnistetaan energiansäästöpotentiaali, jonka pohjalta pystytään määrittämään soveltuvimmat investointi- ja optimointivaihtoehdot, laskemaan säästön suuruus sekä raportoimaan tuloksista. Katselmuksessa huomioidaan kaikki yrityksen energiankäyttökohteet, joita ovat liikenne, teollinen ja kaupallinen toiminta sekä rakennukset. (Energiatehokkuuslaki 1429/2014, 4 §.)

Energiakatselmuskäytäntö jaetaan Suomessa kahteen kategoriaan; vapaaehtoiisiin ja pakollisiin. Vapaaehtoiset energiakatselmuksia on suunnattu pienille ja keskisuurille yrityksille, kunnille sekä seurakunnille ja säätiöille. Katselmuksia ovat erillisten ohjeiden mukaisesti toteutettuja, raportoituja sekä hyvin kattavia energiankäytön ja energiatehokkuustoimien kartoituksia tietyille kohteelle. Lisäksi vuosina 2021–2024 on pilotoitu täsmäkatselmusmallia, jossa katselmointi kohdistetaan kohteen tietyn osa-alueen energiankäyttöön, energiansäästöpotentiaaliin, uusiutuvan energian osuuden kasvattamiseen sekä esitetään säästötoimenpiteet. Täsmäkatselmusmalli on tarkoitettu pk-yrityksille, seurakunnille ja säätiöille, ja tässä mallissa työn suoritus- ja raportointitapa on vapaa. (Energiavirasto 2024, Motiva 2023.)

Vapaaehtoisia energiakatselmuksia kutsutaan myös tuetuiksi, koska työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) tukee vapaaehtoisten katselmusten toteutusta. Tuki haetaan Business Finlandilta ja se suuruudeltaan joko 40 % tai 50 %, riippuen siitä kuuluuko toimija energiatehokkuussopimukseen. Energiatuen myöntämisen edellytyksenä on katselmuksen tekeminen mallien ja toteutusohjeiden mukaisesti. (Motiva 2023.)

Pakolliset energiakatselmuksella puolestaan on toteutettava vuonna 2015 voimaan astuneen energiatehokkuuslain nojalla. Laki velvoittaa suuret yritykset tekemään energiakatselmuksen neljän vuoden välein. Lakivelvoite koskee yrityksiä tai konserneja, joiden henkilöstömäärä on yli 250 henkilöä tai liikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa ja tase yli 43 miljoonaa euroa. Näihin suurten yritysten pakollisiin kaikenkattaviin energiakatselmuksiin ei voi saada katselmustukea. Energiavirastolla on valvontarooli koskien suurten yritysten pakollisia energiakatselmuksia. (Energiatehokkuuslaki 1429/2014, 3, 6 §, Energiavirasto 2024, Motiva 2023.)

2.2.2 Energiatehokkuussopimukset

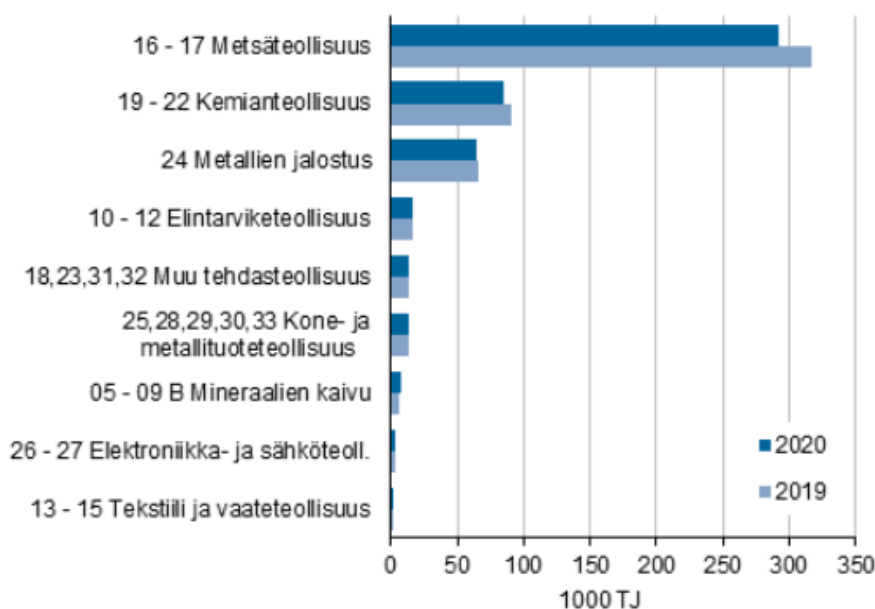
Suomi on omassa energiatehokkuudessaan kansainvälisesti johtavia maita. Tähän energiansäästön edelläkävijän asemaan on päästy useilla eri kustannustehokkailla ratkaisuilla ja muun muassa energiatehokkuussopimusjärjestelmällä, joka perustuu vapaaehtoisuuteen (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024).

Suomessa on käynnistetty vuosille 2017–2025 neljä energiatehokkuussopimusta, joiden tavoite on tehostaa energiankäyttöä teollisuudessa, energia- ja palvelualalla, kiinteistöalalla, kunta-alalla sekä öljylämmityskiinteistöissä. Sopimukset ovat valtion ja toimialojen yhdessä valitsema menettelytapa täyttää Suomelle asetetut kansainväliset energiatehokkuusveloitteet ilman uusia pakollisia keinoja tai lainsäädäntöä. Se on yrityksen tai kunnan näkökulmasta joustavampi ja mielekkäämpi tapa toteuttaa energiatehokkuustoimia ja -investointeja tarvelähtöisesti sekä jokaiselle sopivassa tahdissa. Merkittävää on, että yritys/kunta asettaa sopimukseen liittyessään sopimuskausikohtaisen energiamääräisen tehostamistavoitteen sekä välitavoitteet ja sitoutuu tekemään parhaansa tavoitteiden saavuttamiseksi niistä säännöllisesti raportoiden. Lisäksi sopimukseen kuulumalla tarjoutuu mahdollisuus saada valtion tukea energiatehokkuusinvestointeihin laajemmin kuin ilman sopimusta. Tällä tuetaan tavoitteisiin pääsemistä ja yrityksen/kunnan kykyä tehostaa energiankäyttöä, lisätä kannattavuutta ja rakentaa myönteistä julkisuuskuvaa. (Motiva 2023.)

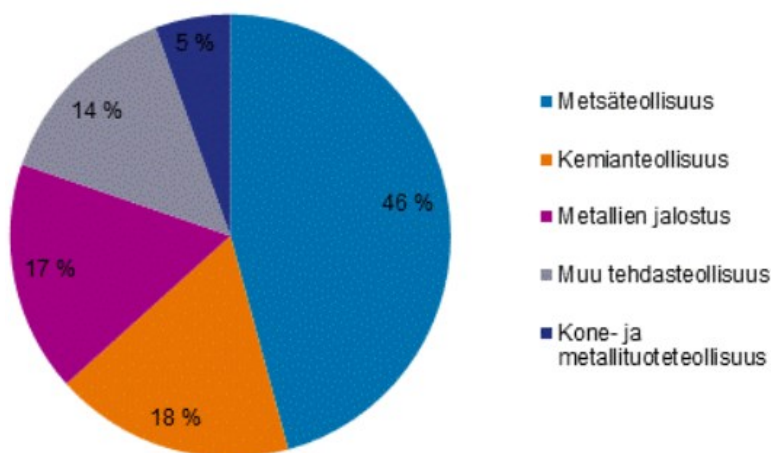
Eri alojen energiatehokkuussopimukseen on 5.2.2024 mennessä liittynyt yhteensä 779 yritystä ja niiden 7773 toimipaikkaa sekä 158 kuntaa/kuntayhtymää. Liittyneiden energiankäyttö kattaa lähes 60 % Suomen kokonaisenergiankäytöstä. (Energiatehokkuussopimukset 2024.)

3 TEOLLISUUDEN ENERGIANKULUTUS

Teollisuuden energiankäyttö voidaan jakaa toimialoittain. Tilastokeskuksen laatiman raportin mukaan vuosina 2019 ja 2020 kone- ja metallituoteteollisuuden energiankäytön osuus on ollut varsin pieni koko teollisuuden alan energiankäytöstä (Kuva 2). Myös teollisuuden sähkön käyttöä tarkastellessa huomataan, että kone- ja metalliteollisuuden osuus on vain 5 % koko sähkökäytöstä (kuva 3). Toisin sanoen tämän opinnäytetyön toimeksiantajayrityksen edustama toimiala on varsin pieni energiankuluttaja verrattuna esimerkiksi metsä- tai kemianteollisuuteen, eikä yritystason energiatehokkuustoimet näy hetkessä tämäntyyppisessä kokonaiskuvan tarkastelussa. Erilaiset säästötoimet ovat kuitenkin merkittäviä yrityksen oman toimintakulttuurin ja tehokkuuden kannalta.



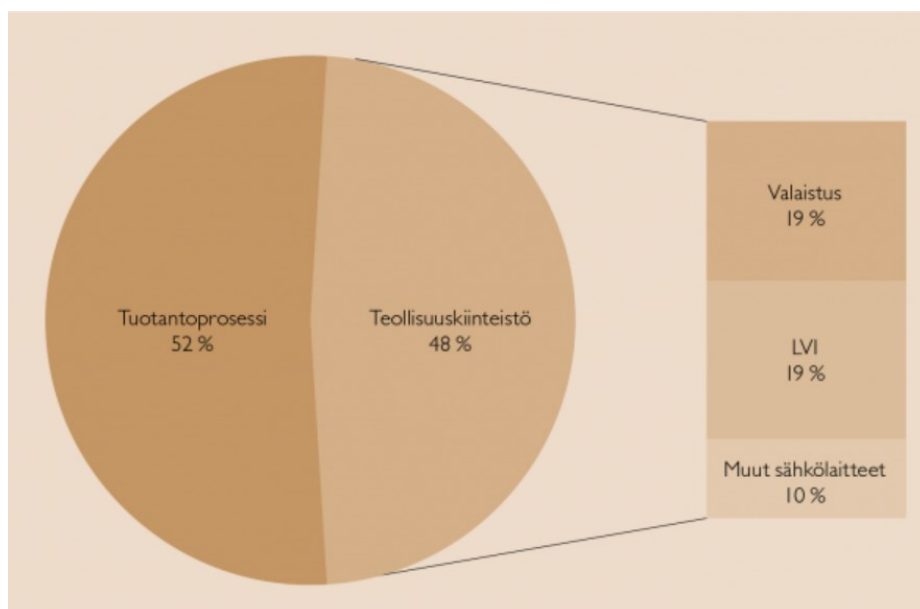
KUVA 2. Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain (Teollisuuden energiankäyttö 2019–2020, 6)



KUVA 3. Sähkön kokonaiskäyttö teollisuudessa (Teollisuuden energiankäyttö 2019–2020, 6)

Teollisuuden eri toimialojen tuotantotilat eroavat toisistaan ja näin ollen myös energiankulutus vaihtelee suuresti käyttötarpeen mukaan. Jokaisen tuotantotilan kohdalla on kuitenkin huomioitava, että jo pelkkä teollisuuskiinteistön vaatimien olosuhteiden ylläpitäminen voi vaatia merkittävän määrän energiaa, vaikka itse tuotannon energiankulutus olisikin vähäistä. Konepajatyypin toiminnan energiankulutus voidaan kuitenkin jakaa karkeasti koostumaan kiinteistön tilojen lämmityksestä ja jäädytyksestä, ilmastoinnista, valaistuksesta, käyttövedestä sekä koneiden ja laitteiden tarvitsemasta sähkö- ja lämpöenergiasta. Energiankäytön jakautuminen sekä painotukset näiden eri käyttökohteiden välillä riippuu yrityksen tuotantoprosesseista. Konepajoille tyypillinen ja merkittävä sähköenergian kuluttaja on ilmanvaihto. (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013.)

Konepajatyypisissä tuotantoprosesseissa energiaa kuluttavat muun muassa hitsaus, valaistus sekä erilaiset tuotannon laitteet ja koneet, kuten paineilmakompressorit. Lämpöenergiaa puolestaan kuluu isoihin, usein iäkkäisiin ja energiatehokkuudeltaan melko huonoihin halleihin. On selvää, että tuotantoprosessit voivat haukata suuren osan tuotantorakennusten tarvitsemasta sähköstä ja lämmöstä, mutta myös kiinteistön osuus voi yllättää. Teollisuuskiinteistöjen energiankulutukseen ja sen tehostamiseen on hyvä kiinnittää huomiota, sillä joillakin teollisuudenaloilla kiinteistösähkön osuus koko energiankulutuksesta on jopa 70 %. (Motiva 2012, 3–4.) Kuvassa 4 on havainnollistettu erään teollisuusalan yrityksen sähkönkulutusta jakaen sen karkeasti tuotantolaitteiston sekä kiinteistön hallintalaitteiden kulutukseen. Siinä 52 % kuluu tuotantoprosesseihin ja 48 % kiinteistöön, jonka sähkönkulutus jakautuu edelleen valaistukseen, LVI-järjestelmiin sekä muihin sähkölaitteisiin. (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013.)



KUVA 4. Esimerkki teollisuuskohteen sähkönkulutuksesta (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013)

4 ENERGIAKATSELMUKSEN KOHDE

RollTest Oy:n omistama kiinteistö sijaitsee Varkaudessa, valtatie 5:n varrella lähellä keskustaa. Yrityksessä työskentelee opinnäytetyön tekohetkellä 43 työntekijää, joista yhdeksän on toimihenkilöitä ja loput työskentelevät koneistuksessa sekä kokoonpanossa.

4.1 Kiinteistön tiedot

Taulukkoon 1 on listattu yrityksen asiakirjoista poimittuja kiinteistötietoja ja kuvassa 5 on kuvattuna kiinteistö ulkoapäin. Rakennuksen koko pinta-ala on 5519 m² ja se voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan: koneistus, kokoonpano sekä toimisto- ja sosiaalitalat. Lämmitettävää kerrospinta-alaa on 5068 m² ja rakennustilavuus on 12670 m³. RollTest Oy muutti kiinteistöön vuonna 2003. Sitä ennen kiinteistössä toimi autokauppa ja -korjaamo.



KUVA 5. RollTest Oy:n kiinteistö

TAULUKKO 1. Yrityksen asiakirjoista kerätyt kiinteistötiedot

Rakennusvuosi	1980
Kerrokset	3
Rakennustilavuus	12670 m ³
Rakennuksen koko (kerrospinta-ala m ²)	5519 m ²
Lämmitettävät tilat (kerrospinta-ala m ²)	5068 m ²
Koneistusosasto varastoineen	n. 1500 m ²
Kokoonpano-osasto varastoineen	n. 1000 m ²
Toimisto- ja sosiaalitalat	n. 1500 m ²

Kiinteistön pohjapiirustukset keski- sekä kellarikerroksesta on esitetty kuvassa 6. Koska opinnäytetyössä keskitytään tuotantoprosessien energiankulutukseen, yläkerranpohjapiirustus on jätetty kohde-esittelystä pois. Yläkerrassa sijaitsee muun muassa toimistohuoneita, edustustilat, arkisto ja ilmastoinnin konehuoneet. Yläkerrassa ei sijaitse kokoonpano- tai koneistamotiloja, joten se ei ole työn kannalta merkittävä.

Kokoonpanohalli sekä varastot löytyvät kiinteistön keskikerroksesta ja käsittävät yhteensä noin 1000 m² alan kiinteistön pinta-alasta. Koneistamon tilat varastoineen puolestaan jakautuvat sekä keski- että pohjakerrokseen. Keskikerroksessa sijaitsevat tuotantotilat ovat kellarikerrokseen verrattuna matalammat, seinärakenteet ovat erilaiset johtuen pohjakerroksen maanvaraisuudesta ja kellaritila on pimeämpi.



KUVA 6. Kiinteistön pohjapiirustukset keskikerroksesta sekä pohjakerrasta

4.2 Tekniset järjestelmät

Teknisten järjestelmien perustiedot on kerätty yrityksen tuotantopäällikön pitämältä kohdekerrokselta sekä laitteiden manuaaleista ja tyyppikilvistä. Järjestelmien käyntiaikoja on poimittu teknisten järjestelmien toiminnanohjauksesta sekä on tehty arvioita tuotannon työvuoroihin verraten. Näiden tietojen perusteella järjestelmille on pystytty laskemaan sähkönkulutukset, joita käsitellään varsinaisessa katselmusosiossa.

4.2.1 Ilmanvaihto

Kiinteistössä on koneellinen ilmanvaihto, eli tulo- ja poistoilmakoneet sekä huippuimuri hoitavat koko kiinteistön ilmanvaihdon koneellisesti. Ilmanvaihtojärjestelmä on jaettu kahteen järjestelmän osaan IV1 sekä IV2, jotka sijaitsevat kiinteistön ullakotiloissa omissa ilmastointikonehuoneissa. IV1 vastaa kokoonpanon sekä toimistotilojen ja IV2 koneistamon tilojen ilmanvaihdosta. Ilmanvaihtokoneisto on alkuperäinen, mutta sen eri osiin on tehty päivityksiä viime vuosina. (Parviainen 2024.)

Ilmanvaihdossa on useita sen toimintaa ohjaavia säätöjä. Ilmanvaihdon poisto ottaa muun muassa huomioon tuotannosta syntyvän lämmön ja säätää tuloilmaa sen mukaan. Ilmanvaihdossa hyödynnetään joltain osin lämmöntalteenottoa, mutta tekniikan laajuudesta sekä toimivuudesta ei ole varmaa tietoa. (Parviainen 2024.)

4.2.2 Lämmitys

Kiinteistö kuuluu Varkauden aluelämmön kaukolämpöverkkoon ja sillä lämmitetään koko kiinteistö käsittäen tuotanto-, sosiaali- ja toimistotilat. Kiinteistössä on käytössä vesikiertoinen patteriverkosto sekä tuloilmapuhaltimet, jotka saavat lämpönsä kaukolämpöverkosta. Kaukolämpöliittymiä on yksi ja lämmönjakohuone sijaitsee kiinteistön kellarikerroksessa. Lämmönjakohuoneessa on lämmönsiirtimet käyttövedelle ja lämmitykselle, eli kaukolämpöä käytetään myös talousveden lämmitykseen. Lämmitysverkoston menovettä ja käyttöveden lämmitystä säädetään ulkolämpötilan mukaan säätöjärjestelmällä. (Parviainen 2024.)

4.2.3 Paineilma

Kohteen paineilmajärjestelmään kuuluu yksi öljyvoideltu Atlas Copco GA 15 FF ruuvikompressori ja se sijaitsee kiinteistön pohjakerroksessa kompressorihuoneessa. Lisäksi siihen on liitetty 250 litran paineilmasäiliö sekä veden ja öljyn erottava suodatin (Parviainen 2024). Kompressori on perinteinen kiinteänopeuksinen kompressori ja se on otettu käyttöön 2003. Paineilmajärjestelmän käyttöpaine on 7 baria ja järjestelmä käsittää runkoputken, joka lähtee kompressorihuoneesta ja etenee kaikkiin tuotantotiloihin. Runkoputkista haarautuu erillisiä jakelu- ja liitäntäputkia koneille sekä laitteille muodostaen suoran ja rengasverkon yhdistelmän kiinteistön kahdessa kerroksessa. Kompressorista ei katkaista virtaa yrityksen tuotannon ulkopuolisina aikoina.

5 KOHTEEN ENERGIANKULUTUS

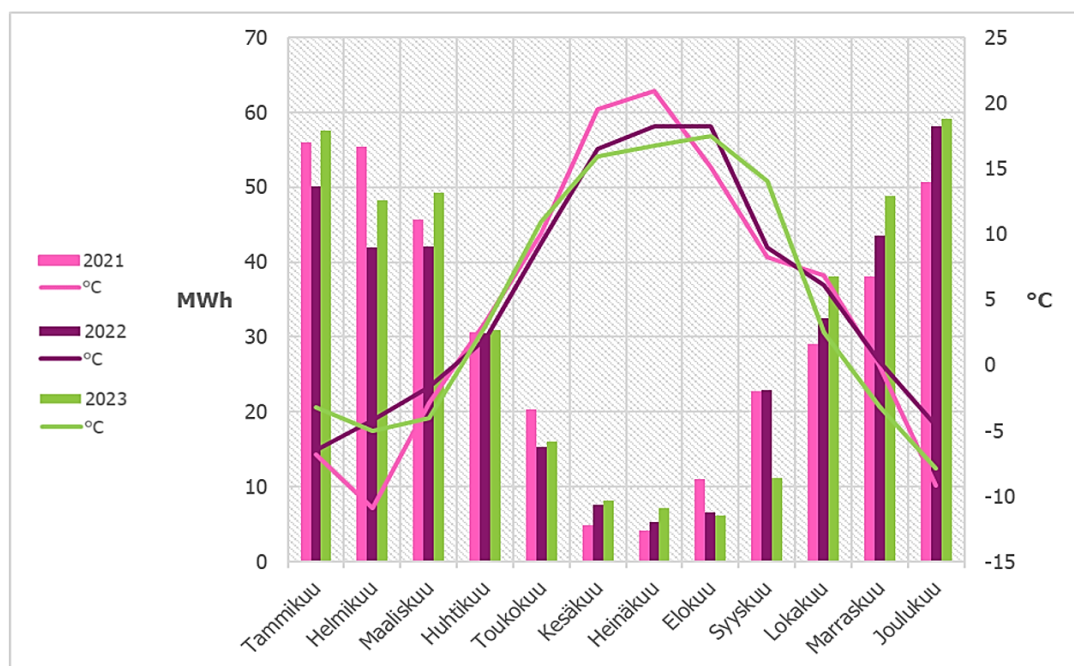
RollTest Oy:n sähköenergian, lämmitysenergian ja talousveden kulutustiedot on koottu vuosilta 2021–2023. Kulutustiedot on saatu yrityksiltä Savon Voima Oy, Väre Oy, Varkauden aluelämpö Oy ja Keski-Savon Vesi Oy. Kulutusyhteenvedet löytyvät tarkemmin tämän työn liitteistä 1 ja 2.

5.1 Kaukolämpö

Kiinteistö on liitetty osaksi kaukolämpöverkkoa, jota ylläpitää Varkauden aluelämpö. Varkauden Aluelämmön kaukolämpö on kotimaista ja uusiutuvaa energiaa, joka on kestäväällä pohjalla sekä osa kiertotaloutta. Kaukolämpö tuotetaan energiatehokkaasti ja lähes hiilidioksidineutraalisti omissa voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa esimerkiksi kaurankuoripellettejä polttamalla. Kaukolämpö on yleisesti käytössä oleva lämmitysmuoto teollisuusyrityksissä muun muassa sen toimitusvarmuuden, helppouden ja kilpailukykyisen hinnan takia. (Varkauden Aluelämpö 2024.)

Kuvassa 7 on esitetty kaukolämmönkulutus kuukausitasolla vuosina 2021–2023 ja kulutustietojen rinnalle on haettu kuukausien keskilämpötilat mitattuna Varkauden Kosulanniemen sääasemalta. Yhdistämällä nämä tiedot on saatu havainnollistettua sitä, kuinka lämmitysenergian kulutus elää ulko-
lämpötilojen mukaisesti.

Kaikkien kolmen vuoden kulutus on jakautunut vuoden sisällä hyvin samantyyppisesti ja korkeimmat kulutus kuukaudet sijoittuvat luonnollisesti kylmille talvikuukausille. Diagrammista voidaan myös nähdä, kuinka vuonna 2023 kulutus on ollut suurimman osan vuodesta korkein aikaisempaan kahden vuoteen verrattuna. Ainoa selkeä pienen kulutuksen kuukausi vuoden 2023 osalta on ollut syyskuu, jolloin lämmitysenergiaa on kulunut puolet vähemmän kuin vertailuvuosina. Vuoden 2023 syyskuu oli poikkeuksellisen lämmin, mikä selittää tämän havainnon.



KUVA 7. Kiinteistön lämmitysenergian kulutukset sekä keskilämpötilat vuosina 2021–2023

Kiinteistön vuosittaiset lämmitysenergiankulutukset on esitetty taulukossa 2. Todellisten lämmitysenergiämäärien sekä rakennuksen kokonaistilavuuden kautta on taulukkoon voitu laskea vielä lämmitysenergia kuutiota kohden. Yhteenvedosta huomataan, että vuoden 2023 kulutus on ollut 380620 kWh, mikä on enemmän kuin kahtena edellisenä tarkasteluvuotena. Kyseisen vuoden keskilämpötila ei ole kuitenkaan ollut alin, vaan vuosi 2021 on ollut keskilämpötilansa puolesta viilein. Vuonna 2022 lämmitysenergiaa on kulunut vähiten ja tätä tukee myös vuoden keskilämpötila, joka on ollut vertailun korkein. Vuoden 2021 ja 2023 välinen kulutusero on 12,05 MWh, mikä vastaa keskimääräisen kulutuksen (1 MWh/päivä) mukaan lämmitysenergiankulutusta noin 12 päivän ajalta.

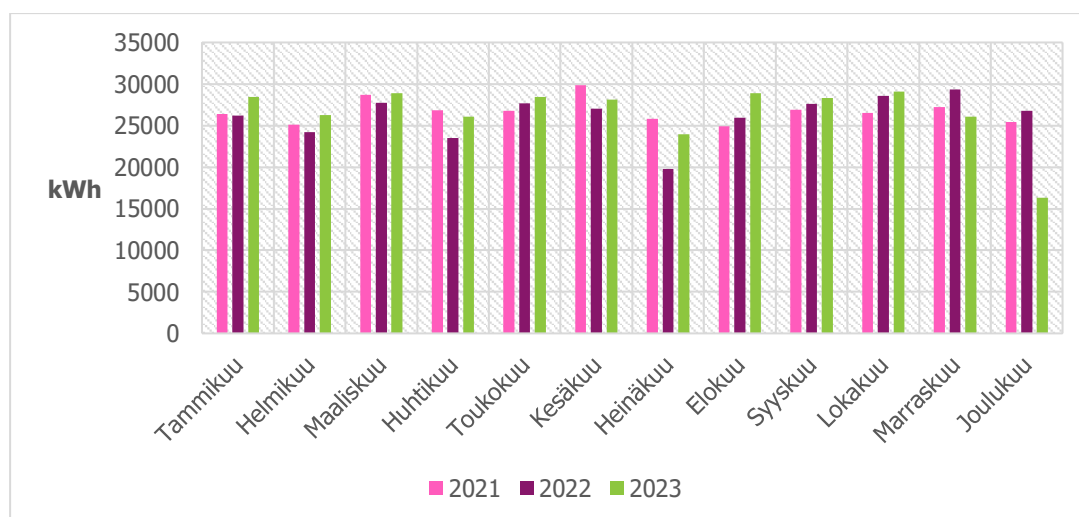
TAULUKKO 2. Kiinteistön lämmitysenergian kulutukset vuosina 2021–2023

VUOSI	LÄMMITYSENERGIA kWh	VUODEN KESKILÄMPÖTILA °C	LÄMMITYSENERGIA kWh/ m ³
2021	368 570	+ 4,5	29,1
2022	356 340	+ 5,2	28,1
2023	380 620	+ 4,8	30,0

5.2 Sähkönkulutus

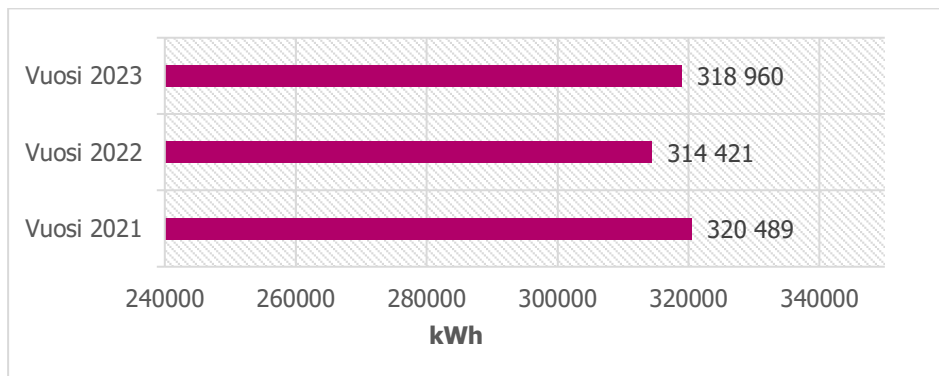
Kiinteistön kulutussähkösopimus on solmittu Väre Oy:n kanssa ja sähkösiirrosta vastaa Savon Voima Oy. Väre Oy:n myymän sähkön tuotanto jakaantui vuosien 2019–2022 keskiarvoon perustuen seuraavasti: turva ja fossiiliset energianlähteet 40 %, uusiutuvat energianlähteet 28 % ja ydinvoima 32 %. Sähkön Co₂-ominaispäästöjen keskiarvo samalta jaksolta oli 233,75 g/kWh. (Väre Oy 2024.)

Kuvassa 8 on esitetty kiinteistön sähkönkulutus kuukausitasolla tarkasteluvuosilta. Tarkasteluvuosien kulutukset ovat hyvin yhteneväiset, mutta vuoden 2023 kulutus on ollut korkein yli puolet vuodesta verrattuna kahteen edelliseen vuoteen. Tähän on vaikuttanut yrityksen korkea tuotantotilanne vuonna 2023. Diagrammista erottuu myös vuoden 2022 heinäkuu, jolloin kulutus on ollut selkeästi pienempää vertailuvuosiin verrattuna. Samoin vuoden 2023 joulukuun tuotannon hiljaisempi jakso näkyy kulutuksessa selkeästi. Vuosien väliset erot ovat selitettävissä kyseisen kuukauden tuotantokuormalla, mutta myös keskilämpötiloilla, jotka vaikuttavat puolestaan ilmaston tarpeeseen. Diagrammin suurin kulutuskuukausi on vuoden 2021 kesäkuu, joka selittyy osittain poikkeuksellisen lämpimällä kesäkuulla, jolloin keskilämpötila oli 19,5 °C Varkauden Kosulanniemessä mitattuna.



KUVA 8. Kiinteistön sähkönkulutus kuukausitasolla vuosina 2021–2023

Tarkasteluvuosien kokonaissähkönkulutus on kuitenkin varsin tasainen. Vuonna 2022 sähkönkulutus on ollut noin 314 MWh ja laskenut noin 2 % edellisvuoden 320 MWh kulutuksesta. Vuonna 2023 kulutus on jälleen noussut noin 1,5 % vuoteen 2022 verrattuna (kuva 9).

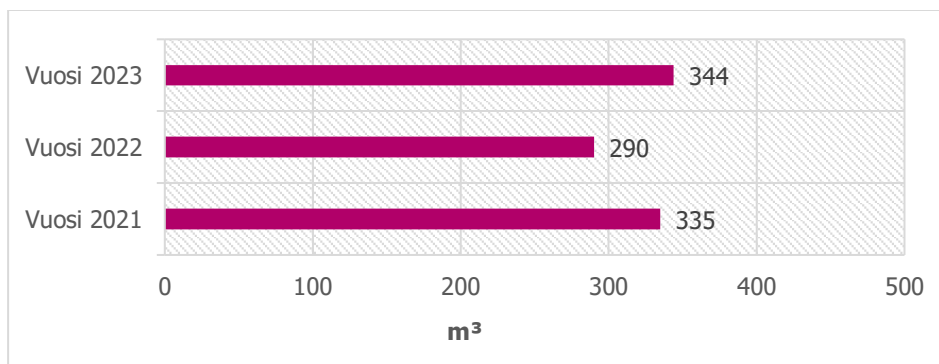


KUVA 9. Sähkönkulutus vuosina 2021–2023

5.3 Vedenkulutus

Kiinteistössä käytettävä talousvesi tulee Pieksämäen alueella sijaitsevasta Syvänsin pohjavedenottamolta, josta vesi pumpataan alkalointilaitoksen kautta kaupungin vesijohtoverkostoon, Taulumäen sekä Könönpellon vesitorneihin. Varkauden vedenkulutus on vuositasolla noin 1,6 miljoonaa m³ eli 4500 m³ vuorokaudessa. Laadultaan talousvesi on pehmeää, arvoltaan n. 0,65 mmol/l (3,7 dH). Veden happamuus pH on noin 8,0 eli vesi on lievästi emäksistä. (Keski-Savon vesi 2024.)

Kuvaan 10 on kerätty vuosien 2021–2023 talousveden kulutus. Vuoden 2023 veden kokonaiskulutus on ollut 344 m³, joka on 54 m³ enemmän kuin edellisvuonna. Vuosi 2022 on ollut kulutusvertailuissa pienin myös lämmitysenergian sekä käyttösähkön osalta, mikä viittaa yrityksen pienempään tuotantokuormaan ja sitä kautta myös vedenkäytön voi olettaa olleen pienempää. Vuoden 2021 ja 2023 talousvedenkulutuksissa ei ole merkittävää eroa.



KUVA 10. Vedenkulutus vuosina 2021–2023

6 TUOTANNON PROSESSIT

Yrityksen asiakkaisiin lukeutuu suomalaisia vientiin suuntautuneita paperi- ja elektroniikkateollisuuden yrityksiä. Yksi yrityksen merkittävimmistä asiakkaista on Valmet Automation Oy, jolle valmistetaan useita heidän tuotteitaan liittyen mittaukseen sekä analysointiin paperiteollisuudessa. Esimerkkinä mainittakoon Valmet Pulp Expert, Paper Lab sekä DCD, joita on valmistettu RollTest Oy:ssä jo 1990-luvulta saakka. Kaikilla mainituilla ja usealla muulla Valmet Automation Oy:n tuotteella on merkittävä rooli RollTest Oy:n historiassa sopimusvalmistajana.

Valmet Pulp Expert on automaattinen analysaattori, jolla voidaan analysoida kemiallisen-, mekaanisen- ja kierrätysmassan ominaisuuksia. Laitteen perusyksikkö mittaa massan sakeuden ja suotautuvuuden, mutta muitakin mittauksia voidaan lisätä tarvittaessa. Analysaattori käsittää laitekaapin, jonka sisään kaikki sen pääosat on sijoitettu (kuva 11). Laitteen yläosassa on arkkimuotti sekä arkin käsittelyosio ja laitteen alaosassa on suodatussäiliö sekä näytteenkäsittely. Analysaattori kerää näytteen, laimentaa sen asetettuun sakeuteen, annostelee arkkimuottiin ja suodattaa massasta näytearokin. Lopuksi lämmön ja alipaineen avulla kuivattu arkki punnitaan ja sille voidaan tehdä erilaisia mittauksia kuten vaaleuden ja suotavuuden analysointia. (Valmet 2024)



KUVA 11. Valmet Pulp Expert perusyksikkö (Valmet 2024)

Toinen samankaltainen kokonaisuustuote on Valmet Paper Lab, joka on sekin automaattinen analysaattori paperin ja kartongin testaamiseen. Paperi- ja kartonkilaaduista pystytään testaamaan monia tärkeitä ominaisuuksia, jotka riippuvat analysaattoriin valituista moduulikokonaisuuksista. Mittausmoduuleja on saatavana yli 20 erilaista ja niillä pystytään mittaamaan yhteensä yli 400 ominaisuutta paperista. Moduuleilla voidaan mitata esimerkiksi vetolujuutta, puristuskestävyyttä ja taivutusjäykkyttä. (Valmet 2024.)

Paper Lab-analysaattorin pääosiin kuuluvat perusyksikkö, syöttölaitteisto, mittaavat moduulit sekä ohjauslaitteisto. Tuotetta on saatavana neljänä eri kokoonpanona S, M, L ja XL, jotka eroavat toisistaan perusyksiköiden määrässä. Kuvassa 12 on analysaattorin M-malli. Pienin koko S sisältää

yhden perusyksikön ja suurin XL neljä perusyksikköä. Analysaattorin muut pääosat ovat samat kaikissa kokoluokissa. (Valmet 2024.)



KUVA 12. Valmet Paper Lab M-malli (Valmet 2024)

Kolmantena voidaan mainita kuvassa 13 havainnollistettu Valmet Dirt Count Analyzer (DCD), joka on vapaasti suomennettuna roska-analysaattori. Puhtaus ja kirkkaus ovat keskeisiä laadun mittareita paperiteollisuudessa ja automatisoitu DCD-analysaattori on suunniteltu analysoimaan juuri näitä indikaattoreita valmiista paperiarkeista ennen punnitusta ja pakkausta. Lisäksi analysaattoriin voidaan lisätä värimittauksia tarvittaessa. (Valmet 2024.)



KUVA 13. Valmet DCD (Valmet 2024)

Analysaattoreita valmistetaan RollTestin tuotantoprosessien yhteisinä sopimusvalmistustöinä, joissa koneistamo valmistaa koneistusosat ja kokoonpanopuoli vastaa analysaattoreiden täydellisestä kokoonpanosta. Tarvittavat osto-osat ja komponentit ostetaan toimittajilta ja alihankkijoilta.

Analysaattoreita toimitetaan asiakkaalle vuositasolla yhteensä 10–20 kappaletta. Muita analysaattoreihin liittyviä pienempiä kokonaisuuksia kuten moduuleja, leikkureita tai varaosia toimitetaan puolestaan satoja kappaletta vuosittain.

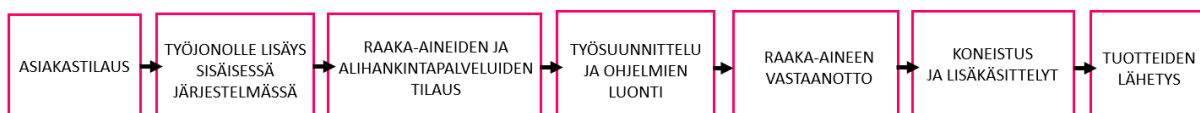
Yrityksen tiloissa tapahtuva tuotanto voidaankin jakaa koneistamon sekä kokoonpanon prosesseihin ja tuotannon tilat on myös sijoitettu kiinteistössä omiin osastoihinsa. Prosessikuvaukset näiden kahden välillä eroavat toisistaan luonnollisesti valmistuksen ja työskentelytapojen puolesta, mutta myös prosessien energiankulutuksissa on eroa.

6.1 Koneistus

Koneistuspuolella töitä tehdään pääasiassa kahdessa vuorossa. Aamuvuorossa työskennellään klo 6:00-14:00 ja iltavuorossa klo 14:00-22:00. Koneistamon tilat jakautuvat kahteen kerrokseen, joista kiinteistön keskikerroksessa sijaitsevat kaikki seitsemän työstökeskusta, kiillotuskone, tarkkuuskärkisorvi, jäysteenpoistin ja yksi sahoista. Pohjakerrokseen on sijoitettu viisi CNC-sorvia sekä muita tarvittavia koneita ja laitteita kuten loput sahat sekä pora- ja hiomakoneet. Koneistamon tuotantotilat käsittävät varastoineen noin 1500 m² alan kiinteistöstä.

Koneistamossa valmistetaan hyvin monenlaisia ja usein erityistä tarkkuutta vaativia sorvattuja sekä jyrittyjä piensarjatuotteita sekä prototyyppisiä. Valmistukseen tulevat tilaukset voivat saapua suoraan asiakkailta tai talon sisältä. Suorilla tilauksilla tarkoitetaan puhtaasti koneistettujen osien tilauksia ja talon sisältä tulevat työt tarkoittavat osien valmistamista tai jatkotyöstöä kokoonpanopuolella työn alla oleviin sopimusvalmisteisiin laitekokoonpanoihin. Aiemmin mainittuihin analysaattoreihin koneistamo valmistaa lähes kaikki koneistusosat, joita ovat muun muassa erilaiset runko- ja levyosat, akselit, holkit, laipat jne. Kokoonpanon kanssa tehtävien sopimusvalmistusten lisäksi koneistamossa valmistetaan paljon myös suoria koneistusosatilauksia toimitukseen. Koneistamon tuotannosta noin 60–70 % on sopimusvalmistukseen päätyviä osia ja loput suoria alihankintakoneistusosia.

Uusien koneistusasiakkaiden kohdalla tuotantoprosessi käynnistyy asiakastilauksesta, jota on edeltänyt yleensä tarjouspyyntö sekä tarjouslaskenta asiakkaan toimittamien valmistuskuvien perusteella. Koneistamon työnjohto laatii arviot teoreettisista koneistusajoista, ohjelmoinnista, raaka-ainetarpeista sekä mahdollisten erikoistyökalujen tai -kiinnittimen kustannuksista. Kuvassa 14 on kuvattu pääpiirteittäin, kuinka koneistamon tuotantoprosessi etenee tilauksen vastaanotosta eteenpäin.



KUVA 14. Koneistuksen prosessikaavio

Tilauksen jälkeen työ kuormitetaan yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään ja lisätään koneistamon työjonolle. Järjestelmään kirjattuna tilauksen tiedot ovat kaikkien organisaation järjestelmänkävittäjien nähtävillä ja kuormitettuna tilaus esimerkiksi vähentää automaattisesti raaka-ainetta varastosta. Tilauksen lisäys koneistamon valmistusjonolle puolestaan antaa koneistuksen työnsuunnitteluun impulssin käynnistää sekä aikatauluttaa tuotantoprosessit.

Kun kaikki tilauksen vaatimat materiaalit on selvitetty ja tilattu, koneistamossa päästään suunnittelemaan lopullista ohjelmaa valmistuskuvan perusteella. Varsinkin jos kyseessä on monimutkainen osa, ohjelmoinnilla on luonnollisesti suurempi merkitys prosessissa. CAM-ohjelmoinnilla tarkoitetaan NC-ohjelmien luomista osan 3D-mallin perusteella. CAM-ohjelmisto laskee työstöradat ja simuloi työstön tietokoneella. Toisin sanoen ohjelma muodostuu lyhyistä käskyistä, joilla ohjataan koneen eri toimintoja ja liikkeitä. Ohjelmoinnin lopputuloksen pystyy kääntämään vielä eri työstökoneen kielelle, joita RollTest Oy:ssä ovat Mazatrol- ja Fanuc-konekielet. Yrityksen kaikki koneistajat osaavat ohjelmoida käsin suoraan koneelle, mutta vain osa hallitsee myös CAM-ohjelmoinnin. Yksinkertaisia muotoja tai tasokoneistuksia sisältävien kappaleiden ohjelmoinnin voi tehdä koneen käyttäjä suoraan käsin työpiirustukselta. (Myllys 2024.)

Jos asiakas on tuttu ja tilaa valmistettavaa kappaletta usein, ohjelmointivaihe jää pois ja valmiit ohjelmat löytyvät järjestelmästä kuvakohtaisesti. Tuotannon on kuitenkin aina varmistettava tietojen oikeellisuus ja paikkansapitävyys ennen valmistamisen aloitusta. Myös erillistä tarjousta ei tarvitse laatia, ellei hintaa tule päivittää aikaisemmasta.

Raaka-aineiden saavuttua alkaa varsinainen koneistustyö, jolloin koneistajat valmistavat konkreettiset tuotteet parhaiten työhön soveltuvalla työstökeskuksella tai CNC-sorvilla. Koneistaja tarkastaa ohjelmoinnista käytettävät työkalut, nollapistet sekä muut kappaleen asetukset. Käytettävän ohjelman valinnan jälkeen suoritetaan ensimmäisen kappaleen koneistus ja tehdään tarkastusmittaukset sekä tarvittavat muutokset. Koneistaja seuraa työtä koko ajan valvoen koneen toimintaa sekä tuotannon laatua.

Valmistettavien tuotteiden mukaan kappaleita joudutaan usein käsittelemään varsinaisen koneistuksen jälkeen. Lisäkäsittelyjä ovat muun muassa jäysteenpoisto, hionta, kiillotus, pesu sekä pintakäsittely. Lisätöyväiheisiin yritys käyttää pääasiassa omasta takaa löytyviä koneita sekä laitteita, mutta pintakäsittely hoidetaan pääasiassa ulkopuolisen alihankkijan kautta.

Lopuksi valmiit tuotteet pakataan huolellisesti etteivät ne vaurioidu kuljetuksen aikana. Koneistamosta asiakkaalle lähtevät tuotteet ovat usein sarjatuotantona tuotettuja yhdenlaisia osia, joten ne saadaan pakattua usein tiiviisti ja vakaasti lavakuljetukseen.

6.1.1 Konekanta

Koneistamon tuotantoprosesseihin kuuluvat oleellisesti työstökeskukset, CNC-sorvit ja -jyrsinkoneet. Lisäksi käytössä on poria, hiomakone sekä pyörö- ja vannesahoja. Koneistamon pääasiallinen konekanta on listattu taulukkoon 3. Katselmuksessa käsitellään koneistamon tuotantoprosessien energiankulutusta konekohtaisesti työstökeskusten, CNC-sorvien sekä manuaalikoneistuksessa eniten käytettävien koneiden kautta. Katselmuksen ulkopuolelle jäävien koneiden käyttö on satunnaisempaa, joten niiden kulutuksia ei selvitetä erikseen. Lisäksi tarkastelun alla olevien koneiden käyttötunnit on laskettu yläkanttiin, joten harvemmin käytettyjen koneiden ja laitteiden kulutukset voidaan ajatella sisältyvän laskelmiin sitä kautta.

TAULUKKO 3. Koneistamon konekanta

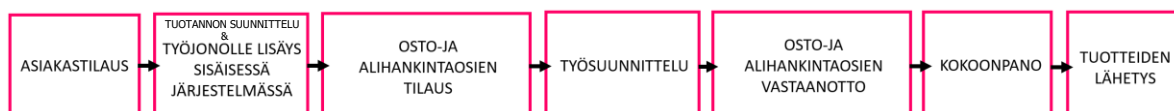
KATSELMUKSEN TARKASTELUSSA	KUVAUS	VALMISTUSVUOSI
MAZAK 200MSY	Työstökeskus	2023
MAZAK CV5-500	Työstökeskus	2021
DMG MORI NHX4000	Työstökeskus	2019
MAZAK VTC-20-CB	Työstökeskus	1999
MITSUI SEIKI HT 3A	Työstökeskus	1995
MITSUI SEIKI HT 3A UUSI	Työstökeskus	1995
TSUGAMI MA3	Työstökeskus	1986
FANUC ROBODRILL T14iB	Työstökeskus	2000
MORI SEIKI AL-2ATM	CNC-sorvi	1986
MORI SEIKI NL2000	CNC-sorvi	2007
MORI SEIKI SL-200SMC	CNC-sorvi	2001
MORI SEIKI SL-25MC	CNC-sorvi	1992
MANUAALIKONEISTUS <ul style="list-style-type: none"> • LAGUN FTV-4 SP • HARRISON VS 330 TR • MODIG • BEHRINGER HBP263A • CHEVALIER FSG-3A818 	Tarkkuusjyrsinkone Tarkkuuskärsisorvi Poraus- ja jyrsinkone Vannesaha Tasohioma-/kiillotuskone	1980–1990 luvuilla

6.2 Kokoonpano

Kokoonpanossa työskennellään yhdessä vuorossa pääasiassa klo 7:00-17:00 välillä. Kokoonpanohalli sijaitsee kiinteistön keskikerroksessa ja käsittää näin 1000 m² tilan varastoineen.

Kokoonpanossa työntekijät kokoonpaneavat erilaisia laitekokonaisuuksia asiakkaiden piirustusten mukaisesti. Tuotantoon kuuluu muun muassa aiemmin mainittujen Valmet Automation Oy:n analysaattoreiden kokoaminen alusta loppuun sopimusvalmistusperiaatteella.

Uusien kokoonpanoasiakkaiden kanssa tuotantoprosessi käynnistyy koneistamon prosessin kanssa saman tapaan tarjouspyynnöstä sekä tarjouslaskennasta, jossa asiakkaan toimittamien valmistuskuvien sekä osaluetteloiden perusteella suoritetaan hinnoittelu sekä arvioidaan kokoonpanotunnit. Jos laitteeseen tarvitaan koneistettavia osia, kerätään myös koneistamon hinta- ja toimitusarviot kyseisten osien osalta. Lisäksi kaikkien ostokomponentit ja alihankittavien osien hinta sekä saatavuus on kilpailutettava. Kuvassa 15 on kuvattu pääpiirteittäin, kuinka kokoonpanon tuotantoprosessi etenee tilauksen vastaanotosta eteenpäin.



KUVA 15. Kokoonpanon prosessikaavio

Tilauksen jälkeen työ kuormitetaan yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään ja lisätään kokoonpanon työjonolle. Kuormitus voidaan tehdä myös koneistamon työjonolle, mikäli kokoonpano vaatii koneistusosia. Järjestelmään ajettun tilauksen myötä ostaja saa tiedon tehdä tarvittavat hankinnat kokoonpanoon liittyen. Yrityksellä on myös kattava varasto, joten kaikkia kokoonpanoon tarvittavia osia ja komponentteja ei tarvitse tilata aina tilauslähtöisesti.

Varaosa-tilauksissa toimii oma varaosien vastuuhenkilö ja uudet laitetilaukset käsittelee tuotantopäällikkö usein yhdessä muiden myyntiin osallistuvien toimihenkilöiden kanssa. Molemmissa prosessi etenee samalla tavalla ja tilauksista luodaan työkortti. Työkortti on tilauksesta muodostuva lista, josta käy ilmi tilauksen alle kuuluvat osat sekä osakokoonpanot, joiden alla on taas omat osaluettelot. Näiden pohjalta varaosapuolen vastaava tai kokoonpanon tuotantopäällikkö sekä työntekijät aloittavat osien keräily. Vielä tässä vaiheessa voi ilmaantua lisätarpeita, jotka tulee ilmoittaa ostajalle. Lisäksi tuotantopäällikkö tekee jatkuvasti viikkokohtaisia työsuunnitelmia sekä aikatauluttaa tuotannon prosesseja. Työn alla oleville sekä uusille tilauksille tulee suunnitella tekijät sekä laitteille valmistumisaikataulut mahdolliset riskit huomioiden.

Kokoonpanot aloitetaan pääsääntöisesti heti, kun tärkeimmät ja kriittisimmät osat ovat saatavilla. Tavoiteltava tilanne kuitenkin olisi, että kokoonpano alkaisi vasta kun kaikki tarvittavat osat ovat yrityksen varastossa. Tämä ei kuitenkaan ole useinkaan mahdollista ja kokoonpanoprosessit etenevät saapuvien osien sekä komponenttien toimitusaikatauluja mukailen.

Yrityksen kokoonpanossa valmistettavien laitteiden kokoonpanoajat vaihtelevat laajasti. Pienemmät kokoonpanot saadaan tehtyä muutamissa päivissä, mutta suurempien laitteiden, kuten aikaisemmin esiteltyjen analyysointilaitteiden kokoonpanoon täytyy varata aikaa jopa useita kuukausia. Kokoonpanojen laajuutta kuvaa myös se, että yhdessä valmistettavassa laitteessa voi olla jopa tuhansia eri osia. Joissain kokoonpanoissa osia myös käsitellään kesken kokoonpanoprosessin ja ne käyvät esimerkiksi maalaamossa ennen kuin ne asennetaan lopulliseen laitteeseen. Kokoonpanot ovat hyvin monivaiheisia prosesseja laitteesta riippuen ja siksi yhden pienenkin vaiheen viivästyminen voi vaikuttaa koko laitteen valmistumiseen merkittävästi. Jatkuva työsuunnittelu on kokoonpanossa avainasemassa.

Kun laite on valmis, aloitetaan sen huolellinen pakkaaminen. Laittekokonaisuudet ovat usein kookkaita sekä niissä voi olla erilaisia ulokkeita, mikä tekee suojauksesta normaalia lavatavaraa haastavampaa. Laitteet ovat arvokkaita ja niiden rikkoutuminen kuljetuksessa täytyy välttää. Joidenkin laitekokonaisuuksien kohdalla asiakas hakee itse tuotteensa, jotta kuljetuksen riskit saadaan minimoitua. Pakkaaminen on kuitenkin aina yrityksen lähettämön vastuulla ja se on toteutettava huolellisesti tehden toimituksesta vakaan ja riittävän pehmustetun.

7 ENERGIAKATSELMUS

Energiakatselmusvaiheessa edetään selvityskohde kerrallaan keräten tietoa siitä, mikä energiankulutuksen tilanne on katselmuksen teko hetkellä ja millaisia huomioita voidaan tehdä tarkastelemalla eri osa-alueiden toimintaa. Katselmukseen koottujen tietojen sekä havaintojen pohjalta saadaan laadittua energiankulutuksen yhteenveto, jota käsitellään seuraavassa pääkappaleessa.

7.1 Lämmitys ja ilmanvaihto

Kiinteistön tilat lämmitetään pääasiassa vesikiertoisilla lämmityspattereilla sekä ilmanvaihdolla. Koneistamon tiloja pyritään pitämään lämmityskaudella noin 19–20 °C:n lämpötilatasolla riippuen tuotantotilasta ja sen hetkisestä käytöstä. Sisäilmanlämpötiloihin vaikuttavat myös tuotantolaitteista ja prosesseista syntyvä lämpö eri puolilla rakennusta. Toimisto- ja sosiaalitiloja pidetään 20 °C:n lämpötilatasolla. Ilmanvaihdon suurin tarve on arkisin työaikoina ja järjestelmä on säädetty toimimaan ainoastaan arkisin klo 6:00-22:00, joten sitä ei käytetä turhaan. Ilmanvaihto- ja osittain myös lämmitysjärjestelmä on kiinteistön tavoin 80-luvulta ja sitä on pyritty ylläpitämään säännöllisillä huolloilla sekä tarvittavilla korjaustoimenpiteillä. Järjestelmän tarkempi tutkiminen rajataan tästä katselmuksesta pois. (Parviainen 2024.)

Tuotannontyöntekijöiden sekä tuotantopäällikön kanssa pidetyistä haastatteluista nousi esiin koneistamon sekä kokoonpanon hallien nosto-ovet. Ne ovat alkuperäiset ja niiden koetaan olevan iso lämpöhäviöiden aiheuttaja tuotantotiloissa. Erityisesti kokoonpanohallin puolen nosto-ovia käytetään lähes kaiken saapuvan ja lähtevän tavarantoimitukseen sekä lähetykseen, eli niitä avataan kokonaan tai osittain jopa useita kertoja päivässä. Nosto-ovista löytyy myös henkilöovet, joten ovia käytetään paljon myös sitä kautta, eikä koko ovea tarvitse avata. Erityisesti talviaikaan tällä on merkitystä. Suuret materiaalikuormat vastaanotetaan puolestaan koneistamon raaka-ainevaraston nosto-ovesta, mutta sen käyttö rajoittuu muutamiin kertoihin viikossa. Ovien rakoja ja aukkoja on pyritty tukkimaan, mutta täysin tiiviitä niistä ei saa, eikä ovista löydy merkittävää eristystä. Haastatteluista kävi myös ilmi, että nosto-ovet ovat käyttötekniikkansa puolesta kohtaamassa tiensä pään. Nosto- ja laskutoimintoihin käytettävää vanhaa tekniikkaa ei enää päivitetä, mikä tekee huolto- ja korjaustoimet käytännössä mahdottomaksi ajansaatossa. (Pallamo 2024; Parviainen 2024.)

7.2 Paineilma

Paineilma on oleellinen osa yrityksen koneistusprosesseja ja sitä käytetään muun muassa työstökeskusten ajotilanteissa ja paineilmapistooleissa. Kompressorien kokonais- ja kuormituskäyntiajat on mahdollista katsoa kompressorin ohjaustaulusta. Yrityksen kompressori huolletaan pääasiassa vuosittain ja näin ollen tarkasteluvuosien käyntiajat saadaan huoltoraporteista. Lisäksi viimeisimmät tuntimäärät luettiin opinnäytetyöntekohetkellä suoraan kompressorista.

Koska kyseessä on kiinteänopeuksinen kompressori, tiedetään sen tuottavan vakiomäärän paineilmaa riippumatta sen hetkisestä paineilman tarpeesta. Sähkömoottori pyörii myös kevennyskäynnin aikana, vaikka kompressori ei tuotakaan silloin paineilmaa verkkoon. Kompressorin vuosikulutusarvion selvittämiseksi kerätään kompressorin osalta tiedot kokonaiskulutus- sekä kuormitustunneista eri tarkasteluvuosilta.

Taulukkoon 4 on koottu tarkastelujakson kannalta oleelliset käyntituntien kirjausajankohdat tuntimäärineen. Laskemalla erotukset tuntikirjausten väliltä, saadaan tietyn ajanjakson kulutuslukema. Koska joka vuosi tehtyjen tuntimäärätarkastelujen välit eivät käsitä tasan yhtä vuotta, muunnetaan kirjausvälin tuntimäärät karkeasti kuukausitasolle, jotta saadaan todenmukaisempi arvio tuntimäärien jakautumisesta tarkasteluvuosille. Kun sijoitetaan nämä tuntimäärät taulukkoon, saadaan vuosittaiset käynti- ja kuormitustuntimäärät.

TAULUKKO 4. Kompressorin kokonaiskäynti- sekä kuormitustunnit 2021–2023

KIRJAUSPÄIVÄ	TUNNIT YHTEENSÄ	ERO (käyntimäärä)	KK-JAKO	KUORMA-TUNNIT	ERO (käyntimäärä)	KK-JAKO
11.03.2020	63173	-		18381	-	-
19.03.2021	66855	3682	283	19648	1267	97
04.05.2022	71113	4258	328	21162	1514	116
16.06.2023	75721	4608	329	22987	1825	130
11.03.2024	78629	2908	364	24111	1124	141

Kompressorin kokonaiskäyttötuntien voidaan todeta olevan noin 4000 tuntia vuodessa ja kuormituksen osuus siitä on 35–38 % tarkasteluvuodesta riippuen. Kompressorin vuosittaisista käyttötunneista nähdään, kuinka kompressorin käyntituntimäärät ovat nousseet tasaisesti vuosina 2021–2023 (Taulukko 5). Tässä katselmuksessa kevennyskäynniksi lasketaan kokonaiskäyntituntien ja kuormitustuntien erotus. Kevennyskäynniksi lasketaan näin ollen karkeasti 61–65 % käyntiajasta.

TAULUKKO 5. Kokonaiskäynti-, kuormitus- ja kevennystuntien jakoa

	2020		2021		2022		2023		2024	
	Tunnit yht.	Kuorma	Tunnit yht.	Kuorma	Tunnit yht.	Kuorma	Tunnit yht.	Kuorma	Tunnit yht.	Kuorma
Tammikuu			283	97	328	116	329	130	364	141
Helmikuu			283	97	328	116	329	130	364	141
Maaliskuu	283	97	283	97	328	116	329	130		
Huhtikuu	283	97	328	116	328	116	329	130		
Toukokuu	283	97	328	116	329	130	329	130		
Kesäkuu	283	97	328	116	329	130	329	130		
Heinäkuu	283	97	328	116	329	130	364	141		
Elokuu	283	97	328	116	329	130	364	141		
Syyskuu	283	97	328	116	329	130	364	141		
Lokakuu	283	97	328	116	329	130	364	141		
Marraskuu	283	97	328	116	329	130	364	141		
Joulukuu	283	97	328	116	329	130	364	141		
YHTEENSÄ (h)			3798	1341	3943	1509	4156	1625		
Tunnit yht. – Kuorma= Kevennystunnit			2457		2435		2531			

7.2.1 Kompressorin käyntiastemittaus

Yrityksen kompressorin on ollut käytössä jo yli kaksikymmentä vuotta, ja kompressorista kerätyt käyttötunnit sekä huolto- ja korjaushistoria viittaavat kompressorin uusintaan lähitulevaisuudessa. Tähän tietoon nojaten energiakatselmusta tehdessä päätettiin kompressorille toteuttaa käyntiastemittaus arviolaskelmien tueksi. Mittausjakso suoritettiin 13.-22.3.2024 välisellä ajalla ja sen toteutti kompressorin toimittaja Atlas Copco yhteistyössä paikallisen huoltoyrityksen kanssa.

Kompressorin asennettava mittalaite kerää kompressorin käyttö tiedot dataksi ja mittausjakson jälkeen analysoituja tuloksia pystytään käyttämään esimerkiksi pohjana uuden kompressorin valinnassa. Atlas Copcon Airchitect-mittaohjelmatyökalun avulla saadaan raportoitua tietoa kompressorin energiatehokkuudesta, paineilman kulutuksesta sekä myös saavutettavissa olevasta säästöpotentiaalista.

Säästöpotentiaali on aina tapauskohtainen, mutta usein paineilmajärjestelmää päivittämällä saavutetaan 30–60 %:n säästöt. Mittauksen tulosten rinnalla myös simuloidaan vaihtoehtoista kompressoria nykyisen kompressorin käyttöön peilaten. (Atlas Copco 2024.)

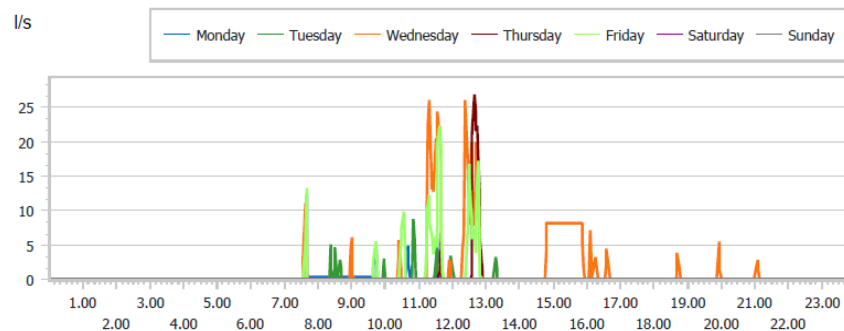
Heti mittausjakson päätyttyä voitiin jo ennen tuloksiakin todeta, että kompressorille tehdyn mittauksen aikaväliksi osui erittäin poikkeuksellinen ajanjakso, koska tuotantoa oli hyvin vähän. Näin ollen kompressorin käyntiaste jäi huomattavan alhaiseksi ja mittaustulokset eivät ole käyttökelpoisia kuvaamaan vuosien 2021–2023 kulutusta, vaan ne kuvaavat ainoastaan vuoden 2024 maaliskuun tilannetta. Mittauksesta saatua dataa pyritään kuitenkin hyödyntämään tässä työssä mahdollisuuksien mukaan.

Mittaustulosten analyysin mukaan, kompressorin keskimääräiseksi paineentuotoksi saatiin 0,288 l/s eli 0,018 m³/min kyseiseltä ajanjaksolta ja suurin paineentuotto oli 27,9 l/s eli 1,67 m³/min. Kompressorin paineilmatuottoa oli vain pieni osuus koko käyntiajasta ja kompressori oli suuren osan ajasta pysähtyneenä. Niinä hetkinä, kun paineilmaa tuotettiin, tuotto keskittyi työvuorojen mukaisesti arkipäiville klo 7:00 – 22:00 (Kuva 16). Nämä tulokset ovat selitettävissä täysin tuotannon hiljaisemmalla ajalla.

Flow data	
Maximum flow	27.9 l/s
Average flow	0.299 l/s
Minimum flow	0.0000000000
Flow range	
0-25 %	98.1 %
25-50%	1.32 %
50-75%	0.2513 %
75-100%	0.304 %

Current / Existing installation

Generated flow profile



KUVA 16. Mittausraportin tuloksia paineilmantuotosta

Kompressorin moottori on ollut 45 % kuormitusajolla ja 55 % kevennysajolla kokonaisenergiankulutuksesta. Kevennysajon tehoksi on ilmoitettu 4,5 kW ja mittauksen maksimitehoksi 18 kW. Lisäksi kerättyjen tietojen pohjalta on arvioitu, kuinka paljon energiaa nykyinen kompressori kuluttaa ja raportissa vuosikulutukseksi on saatu 2,1 MWh, mikä on minimaalinen. (Kuva 17.) Mittausajanjaksona tuotannon konekannasta ajossa oli vain muutama kone ja myös kokoonpanossa oli hiljaisempaa. Tämän tuotannon tilanteen huomioiden, vuosikulutuksen voidaan todeta antavan virheellistä tietoa kompressorin tyyppillisestä energiankulutuksesta.

							Max Power	Unload Power
Current situation							18 kW	4,5 kW
Simulation Data		Loaded Hours	Unloaded Hours	Stopped Hours	Load/Unload Cycles	Start/Stop Cycles	Hours In Optimum VSD	
C1	GA15	1,11 h	2 h	165 h	223,00	64,00	-	
Aimet		1,11 h	2,09 h	164,8 h	223,00	64,00	-	
Energy Results (1 week)		Total Flow	Total Energy	Loaded Energy	Unloaded Energy	Potential Energy Recuperation		
C1	GA15	0,178 m³ (x1000)	44 kWh	20 kWh	24 kWh	-		
Aimet		0,178 m³ (x1000)	44 kWh	20 kWh	24 kWh	-		
Energy Results (1 year)		Total Flow	Total Energy	Loaded Energy	Unloaded Energy	Potential Energy Recuperation		
C1	GA15	8,55 m³ (x1000)	2 134 kWh	959 kWh	1 175 kWh	-		
Aimet		8,55 m³ (x1000)	2,134 MWh	0,959 MWh	1,175 MWh	-		

KUVA 17. Mittausraportin tuloksia kuormituksista sekä sähkönkulutuksesta

Koska mittausjakso ei tuottanut viime vuosien kaltaista tietoa kompressorin käyntiasteesta tai energiankulutuksesta, voidaan vuosien 2021–2023 energiankulutusta lähteä selvittämään jo ennen mitausta kerätyillä kuormitus- sekä kevennystuntiarvoilla. Kuormitustunneista voidaan laskea kompressorin 15 kW nimellistehon mukaan energiankulutus kuormittuneena sekä kevennystunteihin jäävän osuuden tehona voidaan käyttää mittauksessakin ilmoitettua 4,5 kW tehoa (kaava 1). Tällä tavoin saatu energiankulutus ei ole tarkka, mutta kuvaa mittausdataa paremmin aikaisempien vuosien energiankulutusta. Lasketut kulutukset esitetään taulukossa 6.

Kompressorin kuormituksen sekä kevennyksen energiankulutukset voidaan laskea kaavalla

$$E = P * t \quad (1)$$

missä E on sähköenergian kulutus, P laitteen nimellisteho, t käyttöaika

TAULUKKO 6. Paineilmakompressorin energiankulutusarvot

	2021		2022		2023	
Kuormituskäynti 15 kW	1 341 h	20 108 kWh	1 509 h	22 631 kWh	1 625 h	24 377 kWh
Kevennyskäynti 4,5 kW	2 457 h	11 057 kWh	2 435 h	10 956 kWh	2 531 h	11 388 kWh
Yhteensä	3 798 h	31 165 kWh	3 943 h	33 586 kWh	4 156 h	35 765 kWh

Kompressorin vuosittaisista käyttötunneista nähdään, kuinka kompressorin energiankulutus on nousut tasaisesti vuosina 2021–2023. Vuonna 2022 kulutus on ollut noin 33,6 MWh ja kasvanut 7,5 % edellisvuoteen. Myös vuoden 2023 kulutus on kasvanut 6 % edellisvuoteen verrattuna ollen noin 35,8 MWh.

Energiatohokkuuden näkökulmasta paineilmejärjestelmän tuomat kulutukset liittyvä pääasiassa kompressoriin, mutta järjestelmä on hyvä käydä läpi mahdollisten vuotojen osalta. Yrityksessä vuosien saatossa havaitut vuodot ovat olleet havaittavissa selkeästi aistinvaraisesti ylimääräisenä suhinana koneistamohallissa, eikä niitä ole nähty aiheelliseksi selvittää muilla vuodonhavaitsemismenetelmillä (Parviainen 2024). Myös kompressorille tehty mittausjakso osoittaa sen, ettei paineilma-verkostossa ole ollut ainakaan mittaushetkellä merkittäviä vuotoja. Vuodot olisivat näkyneet raportilla muun muassa paineilman tuottona yrityksen tuotannon ulkopuolisina aikoina kuten viikonloppuna ja öisin.

7.3 Vedenkulutus

Vettä käytetään tuotannossa koneistamon puolella sekä talousvetenä kiinteistön yhteisissä tiloissa. Koneistamon vedenkulutukselle on mahdollista laskea karkea arvio, kun tiedetään, kuinka paljon vettä lisätään käytettäviin työstökoneisiin. Koneisiin lisätään noin 150 litraa vettä kerran viikossa eli noin 600 litraa kuukaudessa ja vuositasolla 7,2 m³ yhtä konetta kohden. Aktiivisesti käytössä olevia koneita voidaan katselmukseen laskea seitsemän, joten kokonaiskulutus on noin 50 m³ vuodessa. Lisäksi sorvauksen puolella joidenkin osien tuotantoprosessiin kuuluu kappaleiden pesu, joka toteutetaan käytännössä käsin talousvedellä. Pesun vedenkulutukseksi arvioitiin 7 m³ vuodessa. Tämän pohjalta tuotannon veden vuosikulutukseksi saadaan noin 57 m³. (Myllys 2024; Parviainen 2024.)

Kiinteistön muu vedenkulutus muodostuu siivouksesta ja sosiaalitulojen vedenkäytöstä, joihin lukeutuu kaikki wc-tilat, pukuhuoneet- ja saunatila sekä keittiö. Huomioiden yrityksen työntekijöiden määrän, voidaan kiinteistön muuhun vedenkulutukseenkin tehdä arviolaskelmia. Esimerkiksi kiinteistön wc:t ovat vanhemman mallisia ja niiden tiedetään kuluttavan vettä keskimäärin 6–8 litraa/huuhtelu. Jos 38 työntekijän henkilöstö käyttää wc:tä 2–4 kertaa päivässä, vuotuisesti wc-tilojen vedenkulutukseksi saadaan noin 200–220 m³ käsienpesuhanan käyttö mukaan lukien. Keittiössä tiskaaminen, juomavesi, sekä kahvin ja teen valmistus vievät vuositasolla arviolta 50–60 m³ vettä henkilöstömäärän mukaan. Päivittäisen ja varsin vakiona pysyvän siivouksen arvioidaan kuluttavan vettä noin 17 m³ vuodessa.

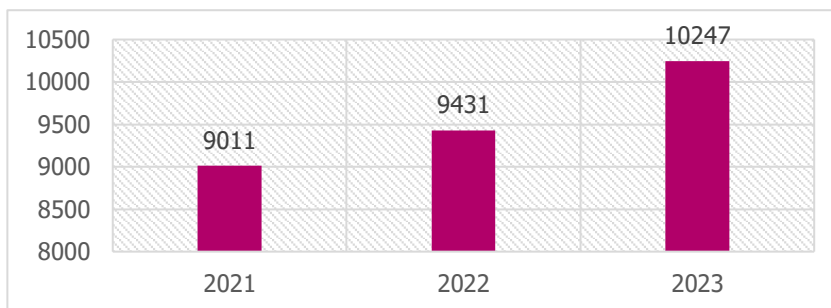
7.4 Tuotantoprosessien energiankulutus

Yrityksen tuotannon energiankulutus painottuu koneistamon tuotantoprosesseihin ja tämän katselmuksen painoituksena on selvittää juuri koneistamon konekannan energiankulutusta ja erotella laitekohtaista tietoa niiden käytöstä. Kokoonpanopuolen prosesseissa työtä tekee pääasiassa ihminen, eikä käytössä ole kovinkaan suurikulutuksisia koneita tai laitteita.

7.4.1 Koneistus

Koneistamon konekannan energiankulutuksen selvittämiseen käytetään yrityksen järjestelmästä löytyviä työtuntimerkintöjä. Työtunnit käydään läpi vuosilta 2021–2023 ja niistä poimitaan koneistamon puolella suoritettut työtunnit. Luonnollisestikaan kaikki koneistamossa tehdyt työtunnit eivät ole pelkästään koneilla ajoa, joten tunneista on kerättävä vain ne, jotka viittaavat osien valmistukseen sekä koneiden käyttöön.

Kuvassa 18 esitellään koneiden yhteistuntimäärät tarkasteluvuosina. Tuntimäärät ovat kasvaneet joka vuosi. Vuonna 2022 kasvu on ollut 4,6 % ja seuraavana vuonna 8,7 % edellisvuoteen verrattuna. Kasvua selittää muun muassa tarkasteluvuosina tehdyt konehankinnat sekä vuoden 2023 ennätyselliset tuotantomäärät.



KUVA 18. Koneistamon koneiden kokonaiskäyttötunnit vuosina 2021–2023

Vuosikohtaiset tunnit jaetaan vielä konekohtaisesti hyödyntäen työntekijöiden tuntierittelyjä, joihin on lisätty tieto käytetystä koneesta. Yrityksen tuotannonjohdon mukaan koneviittauksilla olevat tuntimerkinnot antavat melko hyvän arvion koneiden käyttöajasta, mutta niiden jakautuminen eri koneiden välillä on suunta-antava. Tuntimäärien voidaan olettaa kuitenkin olevan enemmän yläkanttiin, kuin että ne jäisivät liian pieneksi. Näin kulutukseen saadaan huomioitua mukaan myös harvemmin käytettävien koneiden ja laitteiden mahdollinen kulutus. Koneiden tehona käytetään koneiden manuaaleista tai tyyppikilvistä löytyviä moottorien tehoja sekä niiden keskiarvoja, jotka kerrotaan käyttötunneilla jo aiemmin kuvatun kaava 1 mukaisesti. Manuaalikoneistuksen alle kuuluvien koneiden tehona käytetään konekohtaisten tehojen keskiarvoa. Kertomalla nimellisteho koneen käyttöajalla, saadaan arvio koneistamon konekannan energiankulutuksesta katselmusta varten. Koneiden energiankulutusten selvityksessä ei oteta huomioon mahdollisia kevennyskäyntejä, hyötysuhteita tai kuormituksia. (Taulukko 7.)

TAULUKKO 7. Koneistamon konekannan käyttötiedot vuosilta 2021–2023

KONEET	NIMELLISTEHO	VUODET	KÄYTTÖTUNNIT (h)	ENERGIANKULUTUS (kWh)
MAZAK 200MSY	11 kW	2021	-	-
		2022	-	-
		2023	950	10 445
MAZAK CV5-500	11 kW	2021	78	858
		2022	640	7037
		2023	1110	11 207
DMG MORI NHX4000	15 kW	2021	1347	20 205
		2022	962	14 437
		2023	1233	18 488
MAZAK VT C20-CB	11 kW	2021	2891	31 803
		2022	915	10 069
		2023	1255	13 800
MIT SUI SEIKI HT 3A	15 kW	2021	401	6 015
		2022	1534	23 004
		2023	864	12 963
MIT SUI SEIKI HT 3A UUSI	15 kW	2021	631	9 461
		2022	633	9 500
		2023	363	5 446
TSUGAMI MA3	7,5 kW	2021	90	675
		2022	53	394
		2023	15	113
FANUC ROBOBRILL T14B	11 kW	2021	169	1 854
		2022	375	4 125
		2023	380	4 176
MORI SEIKI AL-2ATM	5,5 kW	2021	1124	6 183
		2022	428	2 354
		2023	437	2 401
MORI SEIKI NL2000	11 kW	2021	798	8 778
		2022	1763	19 366
		2023	1698	18 651
MORI SEIKI SL-200SMC	12 kW	2021	837	10 044
		2022	1731	20 766
		2023	1570	18 837
MORI SEIKI SL-25MC	15 kW	2021	554	8 313
		2022	272	4 073
		2023	154	2 303
MANUAALIKONEISTUS	4 kW	2021	92	342
		2022	126	469
		2023	224	836

Konekannan tiedoista nähdään, että suurimman osan koneista tehon arvioidaan olevan 11–15 kW välissä ja vain kolme konetta on pienempitehoisia. Lisäksi yhteenvedosta nähdään kuinka työstökeskus MAZAK 200MSY on niin uusi kone, ettei sen osalta ole saatavana kuin vuoden 2023 käyttötuntitietoja. Samaan tapaan MAZAK CV5-500 on otettu tuotantokäyttöön vasta 2021 vuoden lopulla, mikä näkyy koneen vähäisinä käyttötunteina kyseisen vuoden osalta ja tuntimäärän kehitys on nouseva tarkastelujakson aikana. Vähiten käyttötunteja on kertynyt manuaalikoneistuksen alle lukeutuville jyrsimille, soville, sahalle sekä kiillotuskoneelle. Myös TSUGAMI MA3 työstökeskuksen käyttötunnit ovat laskeneet lähes nolliin kolmen vuoden aikana. TSUGAMI A3-kone on muuttamassa hiljalleen käyttämättömäksi, mikä selittää tunti yhteenvedon pieniä käyttötuntimääriä kyseisen koneen osalta. Koneistamon konekannasta eniten on käytetty MAZAK VTC-20-CB työstökeskusta sekä MORI SEIKI NL2000 ja MORI SEIKI SL-200SMC CNC-sorveja, joiden vuosittaiset käyttötunnit ovat olleet vuonna tarkastelujaksolla 798–2891 tunnin välillä. (Myllys 2024.)

Koneistamon tiloista löytyy myös kaksi höyrypoistokonetta, jotka poistavat koneistamossa syntyviä höyryjä ulos kiinteistöstä. Molempien koneiden teho on noin 0,75 kW ja höyrypoistimien käyttötunnit mukailevat koneistamon työaikaa. Koneistamon vuotuiseksi työtuntimääräksi voidaan arvioida 4000 tuntia, joten poistimien vuotuinen yhteiskulutus on noin 6000 kWh. Keskkierroksen hallissa on myös tulityöpiste, jossa on hitsausmahdollisuus. Sen käyttö on kuitenkin niin satunnaista, ettei sen energiankulutusta sen osalta koeta merkittävänä.

7.4.2 Kokoonpano

Yrityksen kokoonpanon puolella työskennellään yhdessä vuorossa arkipäivisin klo 7:00-17:00 välillä ja kiinteistön kokoonpanohalli on käytössä kokonaan.

Kokoonpanotyö on erilaisten laitteiden kokoonpanoa, jossa vaaditaan paitsi teknistä osaamista myös ymmärrystä mekaniikasta ja elektroniikasta. Työ on tarkkaa ja pääasiassa ihmisvoimin tehtävää. Käytössä on käsityökaluja, joista suurin osa on manuaalisia. Kokoonpanotyön energiankulutus on näin ollen hyvin vähäistä eikä merkittävä tuotantoprosessien kokonaiskulutusjakaumassa.

Kokoonpanossa käytetään paineilmaa paineilmapistooleissa ja niitä löytyy kokoonpanohallista 5 kappaletta. Paineilmaa käytetään päivittäin komponenttien ja pintojen puhdistamiseen, mutta sen käyttö jää hyvin paljon vähäisemmäksi kuin koneistamossa, missä paineilmaa käytetään pistoolien lisäksi myös työstökeskuksissa.

7.5 Valaistus

Kiinteistön valaistusta ohjataan pääasiassa perinteisillä käsikytkimillä ja valaistus on päällä aina työpäivien ajan. Kokoonpanon puolella ja toimistotiloissa valaistus on päällä noin klo 6:00-17:00 välisen ajan ja koneistamon puolella klo 5:00-22:00. Kiinteistössä suoritettiin valaisinten suurpiirteinen laskeuta ja kiinteistössä voidaan arvioida olevan noin 450 loisteputkivalaisinta, 20 työvalaisinta sekä kiinteistön ulkopuolella vielä parikymmentä lisävalaisinta. Suurin osa loisteputkista on vaihdettu led-loisteputkiin vuosina 2020–2023 ja vaihtamatta arvioidaan olevan noin neljännes. Energiankulutuksen selvityksessä valaisinten tehona käytetään 11 W LED-loisteputkille ja 18 W vanhemmille loisteputkille. Kokoonpanossa sekä koneistamossa käytetään lisäksi työvalaisimia ja niiden teho on keskimäärin 8 W, koska ne ovat varsin uusia LED-valaisimia. Tuotannon käytöstä näitä työvalaisimia löytyy yhteensä 20 kpl. Lisäksi kiinteistössä on muutamia valonheitintyyppisiä ulkovalaisimia, joiden tehoksi tarkastettiin 43W/valaisin. Yrityksellä on myös kolme valomainosta rakennuksen tontilla valtatie 5:n varressa sekä kiinteistön seinässä. Mainokset ovat kotelomaisia ja niiden sisällä voidaan arvioida palavan 3–5 kappaletta noin 20 W:n loisteputkea.

Kiinteistön eri tilojen käyttötuntien mukaan voidaan valaistukselle laskea arvio sen kokonaisenergiankulutuksesta vuositasolla. Taulukosta 8 nähdään, että valaistuksen energiankulutuksen voidaan tässä katselmuksessa todeta olevan noin 19,5 MWh vuodessa.

TAULUKKO 8. Arvio valaistuksen energiankulutuksesta vuodessa

Tilavalaisuus loisteputkilla	Määrä	Käyttötuntiarvio (h)	Kulutus (kWh)
LED-loisteputket 11 W	352	3000	11616
Vanhat loisteputket 18 W	117	3000	6318
Työvalaisimet			
Tuotannon työvalaisimet 8 W	20	3000	480
Ulkovalaisuus			
Rakennuksen ulkovalot 43 W	6	2000	516
Valokyltin loisteputket 20 W	15	2000	600
Yhteensä	510 kpl		19 530 kWh

7.6 Muu energiankulutus

Kiinteistössä sähköä kuluttavat aiemmin esitettyjen lisäksi serverihuoneen laitteisto sekä kaikki muut IT-laitteet. Energiankulutuksen selvityksessä käytetään Ympäristöministeriön vuonna 2018 julkaisemaa ohjetta rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehotarpeen laskennasta sekä lasketaan yrityksen käytössä olevien laitteiden määrä. Ohjeen mukaan näytön ja tietokoneen yhteiskulutuksena voidaan pitää 430 kWh/a ja yrityksessä on aktiivisessa käytössä 15 tietokonetta, joista kaksi on kannettavia tietokoneita, joiden ominaisvuosikulutus on lähteen mukaan vain 24 kWh/a. Lisäksi kiinteistössä on useampi erilainen kopiokone ja printteri, joille voidaan arvioida kulutukset samaan tapaan kuin tietokoneille sekä tehdä laitekohtaisia laskelmia tehon sekä käyttötuntiarvion mukaan. (Ympäristöministeriö 2018.)

Serverihuoneen kulutus rakentuu useammasta laitteesta ja siihen huomioidaan keskustietokone, palvelin, modeemi, muut oheislaitteet sekä viilennin, joka pitää huoneen lämpötilan laitteille optimaalisena. Serverihuoneen vuotuiseksi yhteenlasketuksi kulutukseksi voidaan arvioida noin 3 700 kWh/a, josta jäädytyn käsittää luonnollisestikin suuren osan. Kaikkien katselmuksessa huomioitujen IT-laitteiden yhteiskulutus on noin 11 MWh. (Taulukko 9.)

TAULUKKO 9. IT-laitteiden ja serverihuoneen vuotuinen sähkönkulutus

	Kulutus (kWh)/a	kpl	Yhteensä (kWh)
Tietokone ja näyttö	430	13	5590
Läppäri	24	2	48
Iso kopiokone	1700	1	1700
Pienet printterit	100	2	200
3D-printteri (0,15 kW, 400 h käyttöä)	60	1	60
Serverihuone ilmastointilaitteineen			
- Jäädytyn (n. 3 kW, 1000 h käyttöä)	3000	1	3000
- Koneet ja laitteet	700	1	700
Yhteensä			11 298 kWh

Kulutusta syntyy myös yrityksen sosiaalisista tiloista, joista löytyy kaksi jääviileäkaappia, kaksi jääkaappia, kolme mikroa sekä kahvi- ja vedenkeitin. Ympäristöministeriön ohjetta mukailleen jääkaapeille käytetään vuosikulutuksena 270 kWh ja jääviileäkaapille hieman korkeampaa 330 kWh. Mikrot sekä kahvin- ja vedenkeitin ovat yrityksessä päivittäin paljon käytössä ja niiden voidaan

arvioida kuluttavan yhteensä 1,6MW/a. Sosiaalitulojen yhteisessä käytössä olevat laitteet kuluttavat vuodessa arviolta 2,8 MWh.

Lisäksi yritys tarjoaa työntekijöilleen lämmitystolpalliset autopaikat, jotka ovat käytössä talvikuukausina. Myös tähän löytyy arvio ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelman ohjeesta, jossa autopaikan ominaiskulutukseksi kerrotaan 150 kWh/paikka. Tarkasteluvuosina yrityksen parkkipaikan lämmityspaikkoja käytti keskimäärin 30 työntekijää. Tämän työntekijämäärän mukaan saamme autopaikkojen vuotuiseksi kulutukseksi 4,5 MWh.

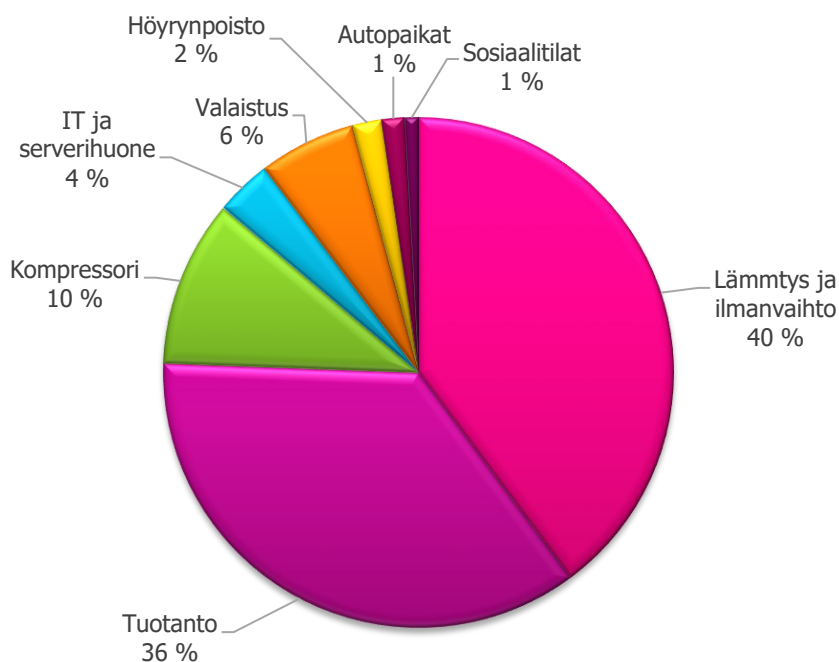
8 TULOKSET

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena on selvittää, mihin energiaa kuluu ja kuinka kulutus jakaantuu. Tässä kappaleessa vedetään yhteen katselmuksessa kerätyt kulutustiedot ja tarkastellaan, mitä huomioita kulutukseen liittyen voidaan tehdä tarkasteluvuosilta 2021–2023.

8.1 Sähkö

Tarkastelujakson vuosien kulutusjakaumista on laskettu keskiarvo kuvan 19 yhteenvetoon. Sähkönkulutus on vahvasti sidoksissa yrityksen tuotantoon, koska tuotantoprosessien kulutus on tarkastelujakson keskiarvon mukaan 36 % koko sähkönkulutuksesta. Tämän lisäksi voidaan teoriaosuuteenkin viitaten olettaa, että sähköä kuluttaa merkittävästi kiinteistön ilmanvaihto sekä lämmitysjärjestelmän tarvitsema sähköenergia, joka on yhteenvedossa 40 %. Ilmanvaihdon ja lämmityksen kulutusta ei selvitetä katselmuksessa erikseen, vaan se käsittää osan, joka on jäänyt jäljelle kokonaiskulutuksesta, kun kaikki muut oleelliset kulutusarvot on vähennetty. Myös kompressorin kulutusosuus 10 % on merkittävä korostaen entisestään tuotannon osuutta kokonaiskulutuksesta. Ilmanpaine ja tuotanto yhdessä käsittävät hieman alle puolet koko kulutuksesta.

Kiinteistön koko valaistus käsittää 6 % kulutuksesta, mikä on pari prosenttia enemmän kuin yrityksen IT-laitteille sekä serverihuoneen viilennykselle arvioitu osuus. Valaistuksen odotettua matalampaan lukemaan vaikuttanee LED-valoihin siirtyminen viime vuosina. Autopaikat sekä yrityksen sosiaalitilojen sähkönkulutus käsittää vain 2 % koko kulutuksesta, mikä on saman verran kuin arvioitu koneistamotilojen höyrynpöistön kulutus. Taulukossa 10 kulutuksen jakauma esitetään vielä lukuina tarkastelujaksolta 2021–2023.

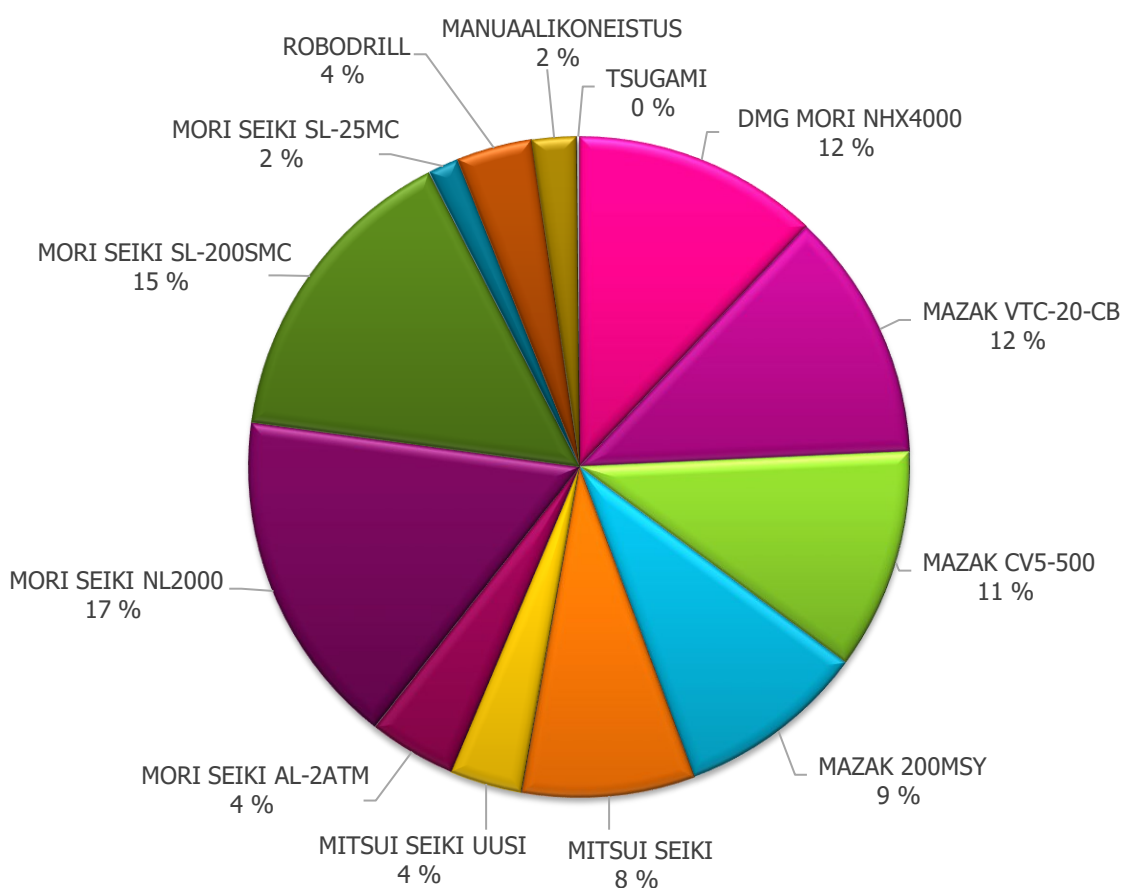


KUVA 19. Sähkönkulutuksen jakauma tarkastelujakson keskiarvon mukaan

TAULUKKO 10. Sähkönkulutuksen jakauman arvio vuosina 2021–2023

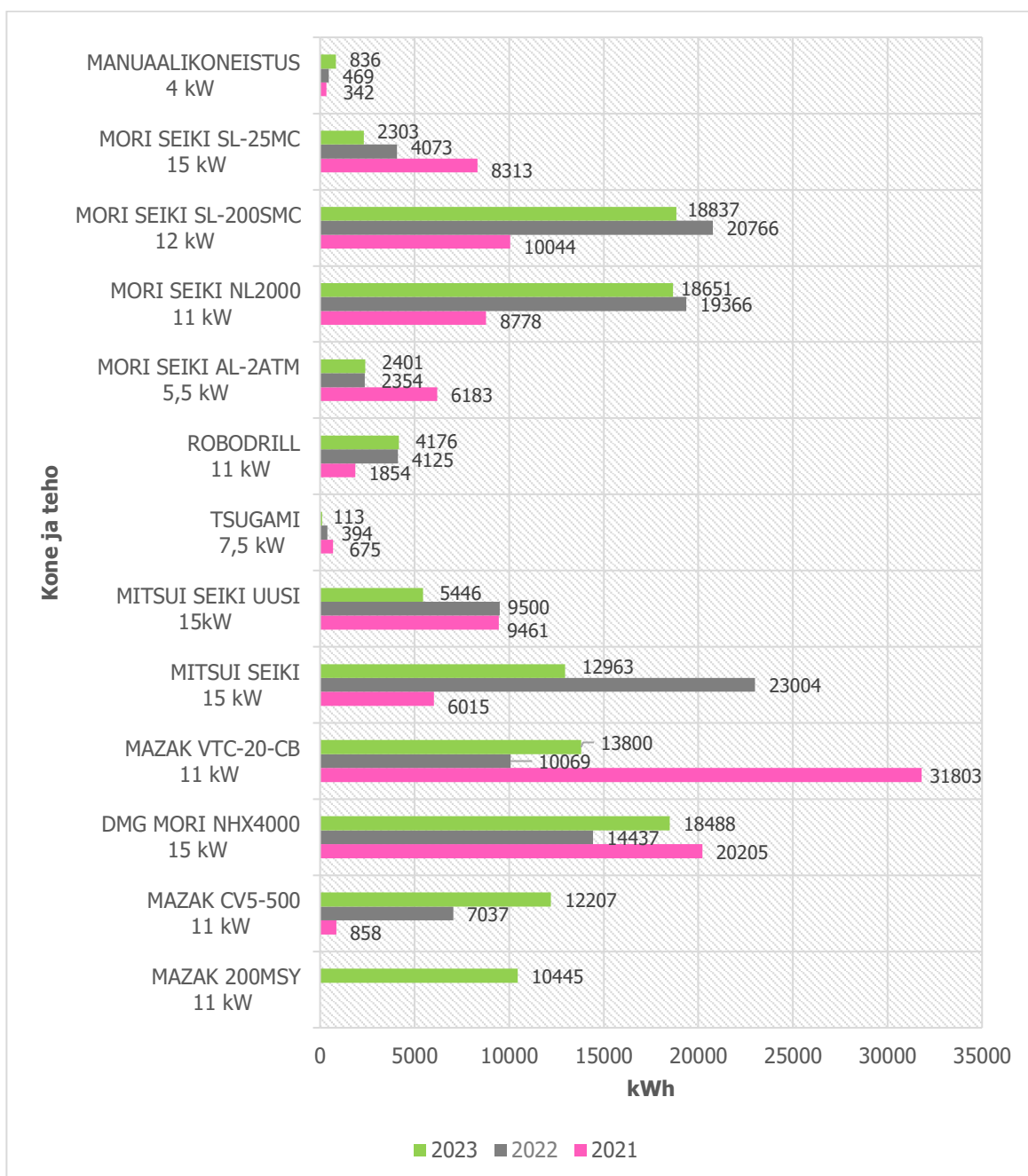
	2021		2022		2023	
	kWh/a	%-osuus	kWh/a	%-osuus	kWh/a	%-osuus
Lämmitys ja ilmanvaihto	140664	43,9 %	121093	38,5 %	118382	37,1 %
Tuotanto	104532	32,6 %	115614	36,8 %	120686	37,8 %
Kompressori	31165	9,7 %	33586	10,7 %	35765	11,2 %
IT	11298	3,5 %	11298	3,5 %	11298	3,5 %
Valaistus	19530	6,1 %	19530	6,2 %	19530	6,1 %
Höyrynpisto	6000	1,9 %	6000	1,9 %	6000	1,9 %
Autopaikat	4500	1,4 %	4500	1,4 %	4500	1,4 %
Sosiaalilitat	2800	0,9 %	2800	0,9 %	2800	0,9 %

Tuotannon sähkönkulutus muodostuu pääasiassa koneistamon konekannan käytön mukaan. Konekannan kokonaiskäyttötunnit ovat nousseet tarkastelujaksolla uusien laitehankintojen myötä, joten jatkoa ajatellen vuoden 2023 kulutusjakauma on tärkein tarkastelujakson vuosista kuvaamaan tuotannon prosessien kulutusta tällä hetkellä. Kuvasta 20 nähdään, kuinka suurimmat kulutukset ovat kahdella MORI SEIKI CNC-sorvilla. Myös työstökeskuksista DMG MORI sekä MAZAK VTC-20-CB ja CV5-500 ovat jokainen kuluttaneet vuonna 2023 lähes yhtä suuren 11–12 % osan kokonaiskulutuksesta. Nämä koneet ovat tuotannon kannalta merkittävässä roolissa ja niitä käytetään eniten, mikä selittää suuret osuudet myös sähkönkulutuksessa.



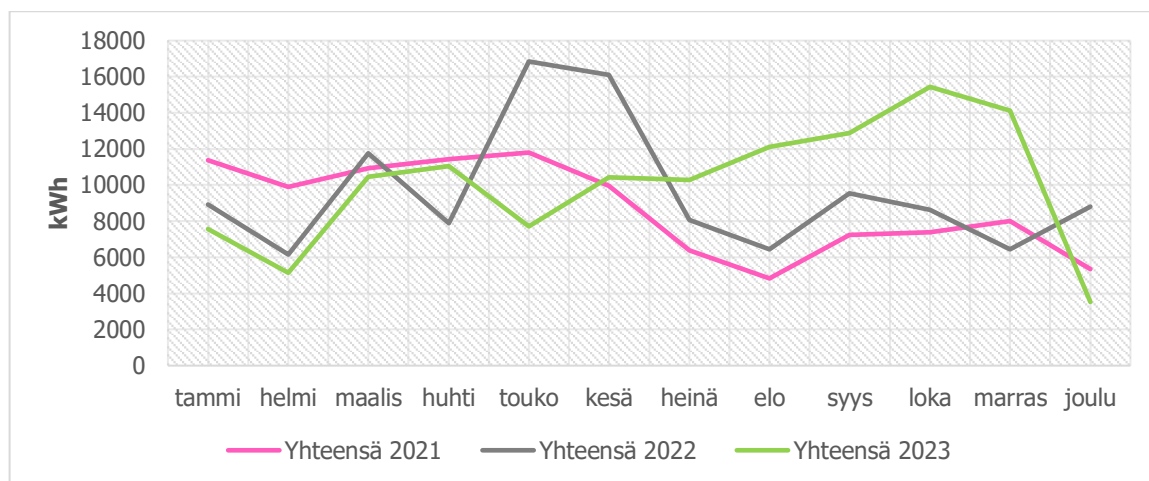
KUVA 20. Koneistamon koneiden kulutusjakauma vuonna 2023

Konekohtaisista energiankulutuksista voidaan tehdä samat huomiot kuin käyttötuntien tarkastelussa energiakatselmus osiossa kerrottiin. Eniten käytetyt koneet ovat tehoiltaan hyvin samansuuruiset, joten niiden energiankulutus muodostuu käyttötuntien kanssa samassa suhteessa toisiinsa nähden. Pienempitehoisten koneiden kuten MORI SEIKI AL-2ATM energiankulutus on luonnollisestikin pienempää verrattuna suurempitehoiseen koneeseen, vaikka niillä olisi samansuuruiset käyttötunnit. Lisäksi voidaan huomata, kuinka paljon käyttötunteja on kertynyt MAZAK VTC-20CB-koneelle ennen kuin yritykseen on hankittu MAZAK CV5-500 vuonna 2021 lopulla ja MAZAK 200MSY vuonna 2023. Konehankinnoilla on saatu tasoitettua yhdelle koneelle kohdistuvaa työkuormaa sekä se on lisännyt tuotantokapasiteettia (Kuva 21.)



KUVA 21. Koneistamon koneiden energiankulutus vuonna 2021–2023

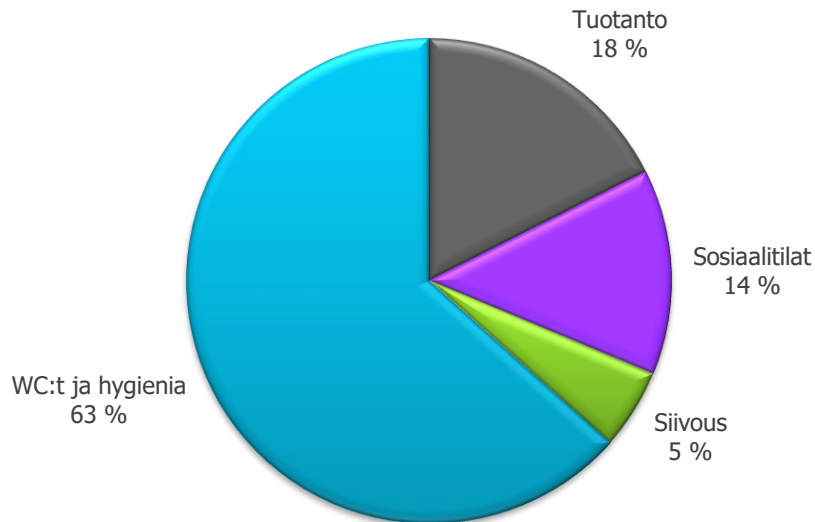
Konekannan koko energiankulutus kuukausitasolla on esitetty kuvassa 22. Vuoden 2021 käyttötuntimäärät ovat vaihdelleet tasaisemmin vertailuvuosiin verrattuna, ja kyseisen vuoden tunneissa on havaittavissa jotain samankaltaista trendiä vuoden 2022 jälkimmäisen puoliskon kanssa. Keskenään samantyyppistä tuntikertymää noudattaa myös vuoden 2022 sekä 2023 alkuvuosi. Lisäksi vuoden 2022 toukokuu ja vuoden 2023 heinä-lokakuu erottuvat nousujohteisilla käyttötuntimäärillä edellisvuosiin verrattuna.



KUVA 22. Konekannan sähkönkulutus vuosina 2021–2023

8.2 Vesi

Vedenkulutuksen jakautuminen perustuu arvioihin, jotka on kerätty haastattelemalla yrityksen tuotantopäällikköä sekä käyttämällä hyväksi yleisesti tiedossa olevia vakiintuneita kulutuslukuja esimerkiksi sosiaali- ja wc-tiloille. Tarkastelujakson vuotuisen vedenkulutuksen keskiarvo on 323 m³, josta suurin osa syntyy yrityksen henkilöstön päivittäisestä vedenkäytöstä. WC-tilat sekä työntekijöiden yleinen hygienia kuluttavat vettä reippaasti yli puolet, kun taas tuotannon vedenkulutuksen arvioidaan olevan ainoastaan hieman alle viidesosa vuosien 2021–2023 tuotannon mukaan. Sosiaalitulojen vedenkulutuksen osuus on noin 14 % ja se syntyy pääasiassa työntekijöiden ruokailu- ja kahvitauoilla, jolloin tiskataan astioita, juodaan vettä sekä kahvi ja tee ovat vapaasti kaikkien keitettävissä. Päivittäisen kevyen siivouksen arvioidaan käsittävän 5 % koko vuoden vedenkulutuksesta, mutta osuus voi olla suurempikin riippuen vuoden aikana tehtävistä perusteellisimmista siivouksista. Vedenkulutuksen jakaumasta voidaan päätellä, ettei se ole merkittävässä osassa tuotantoprosessien kannalta. (Kuva 23.)



KUVA 23. Vedenkulutuksen jakauma tarkastelujakson keskiarvon mukaan

8.3 Kaukolämpö

Vuosien 2021–2023 kaukolämmön lämmitysenergian vuosittaisen kulutuksen keskiarvo on 369 MWh. Kaukolämmön voidaan todeta yleisesti kuluvan lähes kokonaisuudessaan kiinteistön lämmitykseen, eikä jakoa toimistotilojen ja tuotantohallien välillä lähdetty tässä katselmuksessa tekemään. Lisäksi kiinteistön yleinen sekä tuotannon puolen vedenkulutus on varsin vähäistä ja näin ollen lämpimän veden osuutta kaukolämmön lämmitysenergiasta ei ole yksin merkityksellistä selvittää. Kiinteistön lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan tilan sekä tehokkuuden selvitys vaatisi oman katselmuksensa.

9 HUOMIOT JA KEHITYSIDEAT

9.1 Paineilma

Yrityksen käytössä olevalle kompressorille suoritettiin käyntiastemittaus 13.-22.3.2024 välisellä ajalla. Mittausjakson odotettiin antavan tarkentavaa tietoa paineilmakompressorin tyypillisestä käytöstä. Harmillisesti opinnäytetyön tekoaikana yrityksen tuotannon työtilanne oli poikkeuksellisen vähäistä ja näin ollen mittauksesta saatu raportti antoi vääristävän kuvan kompressorin tyypillisestä käytöstä.

Mittausraportointi pitää sisällään myös simuloitun ehdotelman uudesta, vaihtoehtoisesta kompressorista. Vaihtoehtona esitetään taajuusmuuttajakompressoria ja sen esitellään tuovan 49,1 % säästön. Tätä ehdotelmaa ei kuitenkaan voi pitää luotettavana, koska simuloitu vaihtoehto perustuu mittausjaksoon, jolloin kompressor oli suuren osan ajasta pysähtyneenä. Ehdotettu vaihtoehtoinen kompressor olisi todennäköisesti mitoitukseltaan liian tehoton yrityksen todelliseen tarpeeseen nähden. Muutoin voidaan taajuusmuuttajakäyttöisen kompressorin olettaa olevan sopiva valinta uudeksi kompressoriksi tulevaisuudessa, koska taajuusmuuttajalla ohjatut kompressorit ovat paineilma-alan energiatehokkaimpia kompressoreista. Ne optimoivat pyörimisnopeutensa säädön avulla ja tuottavat paineilmaa paineilma-verkkoon tarpeen mukaan. Myös käyttöpainealue pysyy tasaisena ja kompressorin energiankulutus on myös säädön takana. Toisin sanoen, taajuusmuuttajakäyttöiset kompressorit eivät käy kevennyskäyntiä, jota nykyinen kompressor käy varsin suuren osan käyntiajastaan.

Kun uuden kompressorin hankinta tulee ajankohtaiseksi, kannattaa yrityksen käydä keskustelua laitetoimittajan kanssa siitä, onko nykyisestä kompressorista vielä varakoneeksi ja voisiko sen kytkeä käynnistymään varsinaisen kompressorin mahdollisissa vikatilanteissa. Varakompressor varmistaisi sen, ettei mikään kompressorin häiriötilanne keskeytä tuotantoa.

9.2 Konekanta

Katselmusta tehdessä kävi ilmi, että energiatehokkuuden näkökulmasta konekannan uudistaminen esimerkiksi moniakselikoneisiin tuo tuotantoon tehokkuutta. Varmasti myös tulevaisuuden konehankintojen kautta tuotanto tehostuu ja tuo pitkällä aikajänteellä myös energiankulutussäästöjä. Uudet työstökeskukset sekä CNC-sorvit ovat vanhempaan konekantaan verrattuna kehitetty tehokkaimmiksi, mutta ennen kaikkea monipuolisimmiksi. Yhdellä koneella voidaan suorittaa monivaiheinen työstöprosessi kuluttamatta aikaa esimerkiksi kappaleen käännöstä johtuvien asetusten tekemiseen. Vanhemmista ja ominaisuuksiltaan rajallisista koneista muodostuu tarpeettomia, kuten yrityksessä on jo nyt havaittu tapahtuvan. Lisäksi koneistamossa valmistettävien kappaleiden muoto, tarkkuus ja laatuvaatimukset muuttuvat ja kehittyvät jatkuvasti, jolloin yrityksen täytyy pystyä valmistamaan osia edelleen mahdollisimman tehokkaasti kannattavassa valmistusajassa. Valmistusajat vaikuttavat taas toimitusvarmuuteen ja toimitusvarmuus puolestaan kilpailukykyyn. Konekannan kehittäminen tehokkaampaan suuntaan vaati luonnollisesti myös työntekijöiltä uudenlaista osaamista.

Lisäksi kun tarkastellaan koneiden käyttötunteja ja niiden energiankulutuksia, työsuunnittelun merkitys tuotannon energiankulutuksen hallinnassa on hyvin oleellinen. Tuotannossa työstetään hyvin erilaisia sekä eri vaatimustason osia, jotka on pyrittävä valmistamaan parhaiten soveltuvilla koneilla, joita niitäkin yrityksellä on useita. Lisäksi eri tuotteiden valmistusprosessien läpimenossa voi olla

monenlaisia työstövaiheita, jotka nekin tuovat oman järjestysvaatimuksen käytännön tekemiseen. Työjonolle kuormitettujen tilausten priorisointia tehdään pääasiassa toimitusvarmuus edellä, mutta nykyisen sähköenergian hintatason huomioiden, koneiden energiatehokkaaseen käyttöön on syytä kiinnittää huomiota entistä enemmän. Esimerkiksi yrityksen tarjouslaskijoiden hinnoittelutyökalussa tulisi muistaa huomioida myös tuotantoprosessien energiankulutus. Tätä opinnäytetyötä hyödyntäen voidaan laskea esimerkiksi konekohtainen sähköenergian tuntihinta yrityksen sähkösopimuksen mukaisin hinnoin.

9.3 Nosto-ovet

Kiinteistössä on useampi nosto-ovi, mutta pääasiallisessa käytössä niistä on vain kolme. Kaksi niistä sijaitsee kokoonpanohallissa ja kolmas koneistamon raaka-ainevarastossa. Erityisesti kokoonpanon puolen nosto-ovien käyttö on jatkuvaa johtuen niiden kautta tapahtuvasta saapuvan sekä lähtevän tavaran lastauksesta sekä purusta. Erityisesti syksyisin ja talvisin lämpöhäviöt sekä vetoisuus korostuvat, ja hallin lämpötilan tippuminen on ongelmallista muiden hallissa suoritettavien toimien kannalta. Molemmista nosto-ovista löytyy myös käyntiovi mikä mahdollistaa pienempien toimitusten tuonnin ja viennin ilman nosto-ovien avaamista.

Yksi vaihtoehto nosto-ovien aiheuttaman lämpöhäviön pienentämiseksi voisi olla ilmaverhojen asentaminen oviaukkojen viereen tai yläpuolelle. Ilmaverhojen tarkoitus on estää ulkoa tulevan kylmän ilman pääseminen hallin sisälle ja sisällä olevan lämpimän ilman karkaaminen ulos. Ilmaverho tulee kuitenkin mitoittaa oikein, jotta niistä on mahdollista saada haluttu energiasäästö sekä apu hallin työskentelylämpötilan vaihteluihin. Ilmaverhojen hankinnan suunnittelu lähteekin liikkeelle aina nosto-ovien lämpöhäviölaskelmasta ja sitä kautta tarvittavan tehon selvittämisestä. (Stravent Oy 2024.) Lämpöverhojen avulla yritys voisi saada aikaan kustannussäästöjä, mikä näkyisi erityisesti lämmityksen sekä ilmastoinnin kulutuksessa tuotantohallien osalta. Lisäksi tuotannossa työntekijöiden työskentelymukavuus paranisi. Lisäksi ilmaverhoja edullisempi vaihtoehto voisi olla myös muoviset oviverhot, jotka hillitsevät vetoisuutta sekä estävät joltain osin hallin lämpöä karkaamasta. Nykyisten nosto-ovien runsas vetoisuus voi kuitenkin nostaa ilmaverhojen tehontarpeen kannattamattomalle tasolle ja muovinen oviverho ei puolestaan saata tuoda kaivattua säästöä niiden hankintakustannukseen verrattuna. Vaihtoehtojen soveltuvuus tulisikin selvittää tarkemmin. Ovien tiedetään olevan myös käyttöikänsä päässä niiden kunnon sekä tekniikan puolesta. Tämä voisi viitata siihen, että energiatehokkuustoimet sekä -investoinnit kannattaisi suunnata nosto-ovien osalta niiden uusiin kuin verhotyyppeihin ratkaisuihin.

9.4 Muut

Kiinteistön lämmönjako- ja kompressorihuoneet löytyvät kellarikerroksesta ja ne sijaitsevat vierekkäin niin, että kompressorihuoneen läpi kuljetaan lämmönjakuhuoneeseen. Tiloja erottaa vain ovi. Energiakatselmuksen tekoaikana lämmönjakuhuoneen lämpötilaksi mitattiin lähes 39 °C ja kompressorihuoneen lämpötilaksi 26 °C huoneiden keskeltä mitattuna. Tilat ovat siis hyvin lämpimät ja näin ollen lämmöntalteenoton mahdollisuutta sekä kannattavuutta voisi selvittää. Lämmöntalteenotolla voitaisiin saavuttaa energiakustannussäästöjä esimerkiksi hyödyntämällä sitä viileämpien hallitilojen

lämmityksessä. Mahdollisten säästöjen varmaksi toteaminen vaatii kuitenkin tarkempaa selvitystä sekä tarjouspyyntöjä talteenottojärjestelmistä tekniikoineen.

Lisäksi katselmuksessa tehtyihin laskelmin viitaten, yrityksen IT-laitteiden kulutus tulee tulevaisuudessa ainakin joltain osin pienentymään. IT-ratkaisuja aika-ajoin uusittaessa käyttöön saadaan markkinoiden viimeisintä ja energiatehokkainta laitteistoa, pöytäkoneista siirrytään kannettaviin tietokoneisiin sekä paperitulostinten käyttö vähenee jatkuvasti. Toki 3D-tulostuksen rajattomat mahdollisuudet voivat lisätä kulutusta 3D-printterin vaatiman sähköenergian mukaisesti.

Mahdollisiksi kehitysehdotuksiksi voidaan mainita myös haastattelujen kautta esiin noussut valaistuksen loisteho. Tuotantohallien valaistus on vaihdettu perinteisistä loisteputkista LED-loisteputkiin, mutta niihin on jätetty paikalleen magneettiset kuristimet, joiden tehtävä on rajoittaa kaasua sisältävien, vanhojen loisteputkien virran määrää. LED-loisteputkien kanssa tämä kuristin ei ole enää oleellinen, mutta sitä ei ole pakkokaan poistaa. Kuitenkin sen tiedetään lisäävän valaisimen tehohäviötä ja voi olla joltain osin myös paloturvallisuusriski. (Lumme energia 20224.) Lisäksi valaisinten määrää laskiessa todettiin useamman loisteputken kaipaavan vaihtoa. Valaistuksen osalta jatkotoimenpiteenä voidaan pitää valaisinten huoltoa, jonka yhteydessä voisi pyytää työmääräarvion myös valaisinten kuristusten poistosta ja pohtia sen kannattavuutta.

10 POHDINTA

Yrityksen tuotantoon painottuneen energiakatselmuksen toteutus onnistui tavoitteiden mukaisesti ja tuotokseksi laadin yhteenvedon tämänhetkisestä kulutuksesta sekä kuvauksen tuotannon ja koko kiinteistön sähkön- sekä vedenkulutuksen muodostumisesta. RollTest Oy:n henkilöstö tuki työskentelyäni koko prosessin ajan ja sain riittävästi tietoa katselmuksen toteuttamiseksi. Lisäksi oma työsuhteeni yritykseen helpotti asioiden selvittämistä, tiedon etsintää sekä eri toimintojen tarkastelua sekä tutkimista fyysisesti paikan päällä. Vaikka tämän opinnäytetyön yhtenä tavoitteena ei ollut lisätä omaa yritystuntemustani, sain kuitenkin työn sivutuotoksena valtavasti tärkeää tietoa RollTest Oy:n toiminnasta oman työni tueksi.

Työn varsinaiset tulokset ovat osittain tarkkoja ja osittain suuntaa-antavia. Tarkkoina tietoina voidaan pitää vuosittaisia kulutustietoja, jotka perustuvat yrityksen todellisiin kulutusmääriin. Myös sähkön sekä vedenkulutuksen jakautuminen eri kulutuskohteisiin on pystytty laskemaan sekä arvioimaan riittävän tarkkoja arvioita käyttäen. Niiden pohjalta voidaan tehdä tarvittaessa jatkolaskelmia sekä seurantoja. Tuotannon kulutuksen osalta on kuitenkin huomioitava, että koneistamon koneiden käyttötunnit määritettiin koneistamon työtunneista, eikä konekohtaisista käyntiajoista. Työtunneissa voidaan olettaa olevan hetkiä, kun koneella ei ole ajettua, joten katselmuksessa käytetyt käyntituntimäärät ovat varmasti suuremmat kuin ne todellisuudessa ovat. Toisaalta näin päätettiin toimia siitä syystä, että tuotannon kulutukseksi saatu lukema kattaa varmasti kaikki muutkin pienemmällä käytöllä olevat koneet ja laitteet, jotka eivät olleet katselmuksessa erikseen mukana.

Vastaavanlaista katselmusta ei yritykselle ole ennen tehty, joten opinnäytetyöstä jää hyvä pohja eri toimintojen sekä järjestelmien tarkemmalle tutkimiselle tai mahdolliselle laajemmalle energiaselvitykselle. Tässä työssä tuotettuja Excel-laskelmia tullaan jatkojalostamaan myös talous- sekä myyntipuolelle. Kulutustietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi tuotannon hinnoittelun tukena laskemalla koneistamon koneille tuntikohtaiset hinnat tämän työn tuloksena saatuihin kulutuksiin nojaten. Nykyisin sähkön hinnan vaihdellessa rajustikin, pystyy selvitystä pohjana käyttäen rakentamaan myös kuukausikohtaisia kulutusennusteita euromäärineen vuosibudjetointien tueksi.

Lisäksi opinnäytetyön aikana suoritettu paineilmakompressorin käyntiastemittaus antoi kuvauksen kompressorin hiljaisemman tuotantojakson kulutuksesta ja käyttöasteista. Samalla saatiin varmistusta siitä, ettei järjestelmässä ole merkittävän suuria vuotoja. Mittauksesta saatu analyysi tullaan säilyttämään ja todennäköisesti vastaavanlainen seuranta uusitaan tuotannon työtilanteen lisääntyessä sekä uuden kompressorin hankinnan ollessa ajankohtaisempi.

LÄHTEET

- Atlas Copco 2024. Mittaukset. Verkkajulkaisu. <https://www.atlascopco.com/fi-fi/compressors/energiatehokkuuden-kartoittaminen-airchitect-mittauksella>. Viitattu 28.3.2024
- Energiatehokkuuslaki 1429/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141429>. Viitattu 29.1.2024.
- Energiatehokkuussopimukset 2024. Liity vastuullisten energiankäyttäjien joukkoon. Verkkajulkaisu. <https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/liity-sopimukseen/>. Viitattu 5.2.2024.
- Energiavirasto 2024. Energiatehokkuus. Verkkajulkaisu. <https://energiavirasto.fi/energiatehokkuus>. Viitattu 30.1.2024.
- Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastategia 2022. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164321/TEM_2022_53.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 30.1.2024.
- Keski-Savon Vesi 2024. Vesi- ja viemärlaitos. Verkkajulkaisu. <https://www.keskisavonvesi.fi/>. Viitattu 15.2.2024.
- Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013. Promaint kunnossapidon ja tuotannon erikoislehti 11.12.2013. Tuotantotehokkuuden kehittäminen. Verkkajulkaisu. <https://promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Kohti-energiatehokasta-tuotantotilaa>. Viitattu 7.2.2024.
- Lumme Energia 2024. Loisteputket ledeiksi – katso ohjeet vaihtoon. Verkkajulkaisu. <https://www.lumme-energia.fi/blogi/loisteputket-ledeiksi>. Viitattu: 22.3.2024
- Motiva 2012. Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Verkkajulkaisu. https://www.motiva.fi/ajankohdasta/julkaisut/teollisuus/energiatehokas_teollisuuskiinteisto.10766.shtml. Viitattu 10.2.2024.
- Motiva 2018. Energiatehokkuuden oheishyödyt yrityksissä. Verkkajulkaisu. https://www.motiva.fi/files/15389/Energiatehokkuuden_oheshyodyt_yrityksissa.pdf. Viitattu 2.2.2024.
- Motiva 2023. Mukaan energiatehokkuussopimukseen. Verkkajulkaisu. <https://www.motiva.fi/yritykset/energiatehokkuussopimukset>. Viitattu 5.2.2024.
- Motiva 2023. Tuetut energiakatselmukset. Verkkajulkaisu. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuetut_energiakatselmukset. Viitattu 4.2.2024.
- Motiva 2023. Täsmäkatselmus. Verkkajulkaisu. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tuetut_energiakatselmukset/energiakatselmusmallit/tasmakatselmus. Viitattu 4.2.2024.
- Myllys, Tero 2024. Koneistamon työnjohtaja. Haastattelut 1.3.-20.3.2024.
- Pallamo, Janne 2024. Tuotantotyöntekijä. Haastattelut 19.-20.3.2024.
- Parviainen, Juha 2024. Tuotantopäällikkö. Haastattelut 9.2.-20.3.2024.
- Taulukkotilasto 2024. Varkaus Kosulanniemi. Verkkajulkaisu. <https://kilotavu.com/asema-taulukko.php?asema=101421>. Viitattu 14.2.2024
- Teollisuuden energiankäyttö 2019–2020. Helsinki, Tilastokeskus. Verkkajulkaisu. https://www.stat.fi/til/tene/2020/tene_2020_2021-11-01_fi.pdf. Viitattu 7.2.2024.
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2024. Energiatehokkuus. Verkkajulkaisu. <https://tem.fi/energiatehokkuus>. Viitattu 29.1.2024.

Työ- ja elinkeinoministeriö 2022. Tiedote 30.6.2022. Verkkojulkaisu. <https://tem.fi/-/ilmasto-ja-energiastrategia-selontekona-eduskuntaan-strategia-on-toimintaohjelma-jolla-saavutetaan-hiilineutraalius-2035>. Viitattu 30.1.2024.

Valmet 2024. Analyzers. Verkkojulkaisu. <https://www.valmet.com/automation/analyzers-measurements/analyzers/>. Viitattu 11.3.2024.

Ympäristöministeriö 2018. Energiatehokkuus. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Verkkojulkaisu. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ohje---Rakennuksen-energiankulutuksen-ja-lammitystehontarpeen-laskenta-20-12-2017-4332AA81_75E1_4CA0_B208_B0ACB60A267F-133692.pdf Viitattu: 16.3.2024.

LIITE 1: KULUTUSYHTEENVEDOT – SÄHKÖ

KULUTUSSÄHKÖ
2021-2023

KULUTUSTIEDOT

TOIMITETUT MÄÄRÄT (kWh)

	2021	2022	2023
Tammikuu	26407	26192	28445
Helmikuu	25085	24206	26294
Maaliskuu	28686	27723	28917
Huhtikuu	26817	23512	26041
Toukokuu	26747	27665	28443
Kesäkuu	29869	27019	28129
Heinäkuu	25828	19783	23946
Elokuu	24905	25953	28909
Syyskuu	26926	27613	28330
Lokakuu	26548	28596	29062
Marraskuu	27222	29362	26097
Joulukuu	25449	26796	16346
Yhteensä (kWh)	320489	314421	318960

	2021	2022	2023	Keskiarvo
Lämmitys ja ilmanvaihto	140664	121093	118382	126713
Tuotanto	104532	115614	120686	113611
Kompressori	31165	33586	35765	33505
IT	11298	11298	11298	11298
Valaistus	19530	19530	19530	19530
Höyrynpisto	6000	6000	6000	6000
Autopaikat	4500	4500	4500	4500
Sosiaalitilat	2800	2800	2800	2800
				Keskiarvo
Lämmitys ja ilmanvaihto	43,9 %	38,5 %	37,1 %	40 %
Tuotanto	32,6 %	36,8 %	37,8 %	36 %
Kompressori	9,7 %	10,7 %	11,2 %	11 %
IT	3,5 %	3,6 %	3,5 %	4 %
Valaistus	6,1 %	6,2 %	6,1 %	6 %
Höyrynpisto	1,9 %	1,9 %	1,9 %	2 %
Autopaikat	1,4 %	1,4 %	1,4 %	1 %
Sosiaalitilat	0,9 %	0,9 %	0,9 %	1 %

VÄREEN MYYMÄN SÄHKÖN CO2-OMINAISPÄÄSTÖT JA
SÄHKÖN TUONNON JAKAANTUMINEN ERI ENERGIALÄHTEIDEN
KESKEN

2019 CO2-ominaispäästöt	189 g/kWh
<i>Turve ja fossiiliset energialähteet</i>	41 %
<i>Uusiutuvat energialähteet</i>	25 %
<i>Ydinvoima</i>	34 %
2020 CO2-ominaispäästöt	190 g/kWh
<i>Turve ja fossiiliset energialähteet</i>	33 %
<i>Uusiutuvat energialähteet</i>	25 %
<i>Ydinvoima</i>	42 %
2021 CO2-ominaispäästöt	190 g/kWh
<i>Turve ja fossiiliset energialähteet</i>	33 %
<i>Uusiutuvat energialähteet</i>	27 %
<i>Ydinvoima</i>	39 %

2022 CO2-ominaispäästöt	366 g/kWh
<i>Turve ja fossiiliset energialähteet</i>	53 %
<i>Uusiutuvat energialähteet</i>	34 %
<i>Ydinvoima</i>	14 %

KESKIARVOT

<i>Turve ja fossiiliset energialähteet</i>	40 %
<i>Uusiutuvat energialähteet</i>	28 %
<i>Ydinvoima</i>	32 %
Co2 ominaspäästöt	233,75 g/kWh

KULUTUKSEN ERITTELYT

VALAISTUS

Tilavaaistus loisteputkilla	kpl		
Pohjakerroksen tuotanto	70		
Pohjakerroksen tekniset tilat	30		
Pohjakerroksen sosiaalitilat	30		
Keskikerroksen tuotanto	270		
Keskikerroksen ja yläkerran sos.tilat	30		
Keskikerroksen ja yläkerran toim.tilo	40		
Valaisimen tyyppi	kpl	Käyttö h/a	Kulutus (kWh)
Tilavaaistus loisteputkilla			
LED-loisteputket 11 W	352	3000	11616
Vanhat loisteputket 18 W	117	3000	6318
Työvalaisimet			
Tuotannon työvalaisimet 8 W	20	3000	480
Ulkovalaistus			
Rakennuksen ulkovalot 43 W	6	2000	516
Valokyltin loisteputket 20 W	15	2000	600
Yhteensä	510		19530

HÖYRYNPOISTO

	kpl	Käyttö h/a	Kulutus (kWh)
Höyrynpisto 0,75 kW	2	4000	6000
Yhteensä			6000

IT-LAITTEET JA SERVERIHUONE

	Kulutus (kWh)/a	kpl	Yhteensä (kWh)
Tietokone ja näyttö	430	13	5590
Läppäri	24	2	48
Iso kopiokone	1700	1	1700
Pienet printterit	100	2	200
3D-printteri 0,15 kW, 200 h käyttöä	60	1	60
Serverihuone ilmastointilaitteineen			
- Jäähdytin 3 kW, 1000 h käyttöä	3 000	1	3 000
- Koneet ja laitteet	700	1	700
Yhteensä			11 298

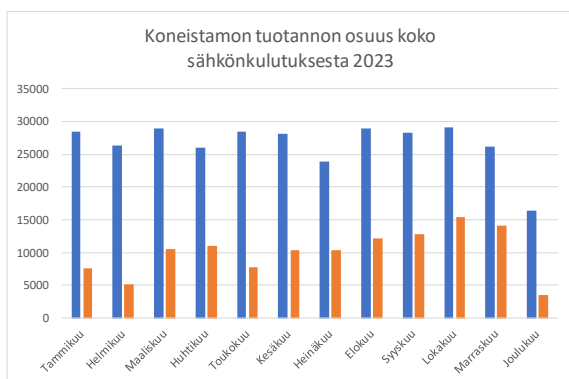
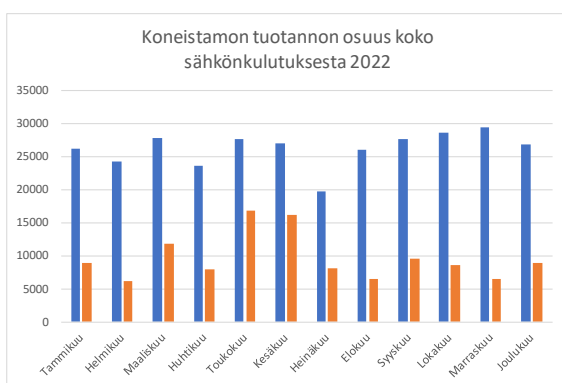
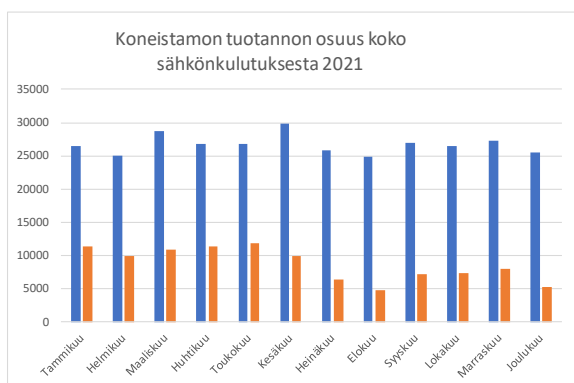
SOSIAALITILAT

	Kulutus (kWh)/a	kpl	Yhteensä (kWh)
Jääkaappi	270	2	540
Jäätinleikkauskaappi	330	2	660
Mikro	50	3	150
Kahvinkeitin	950	1	950
Vedenkeitin	500	1	500
Yhteensä			2 800

AUTOPAIKAT

	kulutus kWh/a	kpl	Kulutus (kWh)
Autopaikkojen lämmitystolpat	150	30	4500
Yhteensä			4500

TUOTANTO



Käyttötunnit	2021	2022	2023
MAZAK 200MSY	0	0	950
MAZAK CV5-500	78	640	1110
DMG MORI NHX4000	1347	962	1233
MAZAK VTC-20-CB	2891	915	1255
MITSUI SEIKI	401	1534	864
MITSUI SEIKI UUSI	631	633	363
TSUGAMI	90	53	15
ROBODRILL	169	375	380
MORI SEIKI AL-2ATM	1124	428	437
MORI SEIKI NL2000	798	1763	1696
MORI SEIKI SL-200SMC	837	1731	1570
MORI SEIKI SL-25MC	554	272	154
MANUAALIKONEISTUS	92	126	224
YHTEENSÄ (h)	9011	9431	10247

+4,6 %

+8,7 %

SÄHKÖNKULUTUS	2021	2022	2023
MAZAK 200MSY	0	0	10445
MAZAK CV5-500	858	7037	12207
DMG MORI NHX4000	20205	14437	18488
MAZAK VTC-20-CB	31803	10069	13800
MITSUI SEIKI	6015	23004	12963
MITSUI SEIKI UUSI	9461	9500	5446
TSUGAMI	675	394	113
ROBODRILL	1854	4125	4176
MORI SEIKI AL-2ATM	6183	2354	2401
MORI SEIKI NL2000	8778	19388	18673
MORI SEIKI SL-200SMC	10044	20766	18837
MORI SEIKI SL-25MC	8313	4073	2303
MANUAALIKONEISTUS	342	469	836
YHTEENSÄ (kWh)	104532	115614	120686

	2021	2022	2023
Tammikuu	11360	8933	7559
Helmikuu	9882	6141	5149
Maaliskuu	10921	11765	10453
Huhtikuu	11438	7872	11041
Toukokuu	11799	16842	7709
Kesäkuu	9952	16089	10419
Heinäkuu	6388	8069	10292
Elokuu	4830	6440	12112
Syyskuu	7235	9529	12869
Lokakuu	7379	8636	15439
Marraskuu	8003	6455	14114
Joulukuu	5344	8842	3530
YHTEENSÄ (kWh)	104532	115614	120686

KOMPRESSORI

Kokonaiskäyttötunnit

Huoltolukemat	Kokonaiskäyntitunnit	Tuntiero	Kuukaudet	kk-tunnit
11.3.2020	63173	-	-	-
19.3.2021	66855	3682	13	283
4.5.2022	71113	4258	13	328
16.6.2023	75721	4608	14	329
11.3.2024	78629	2908	8	364

	2020	2021	2022	2023	2024
Tammikuu		283	328	329	364
Helmikuu		283	328	329	364
Maaliskuu	283	283	328	329	
Huhtikuu	283	328	328	329	
Toukokuu	283	328	329	329	
Kesäkuu	283	328	329	329	
Heinäkuu	283	328	329	364	
Elokuu	283	328	329	364	
Syyskuu	283	328	329	364	
Lokakuu	283	328	329	364	
Marraskuu	283	328	329	364	
Joulukuu	283	328	329	364	
Yhteensä (h)		3798	3943	4156	

Kuormitustunnit

Huoltolukemat	Kuormatunnit	Tuntiero	Kuukaudet	kk-tunnit
11.3.2020	18381	-	-	-
19.3.2021	19648	1267	13	97
4.5.2022	21162	1514	13	116
16.6.2023	22987	1825	14	130
6.3.2024	24111	1124	8	141

	2020	2021	2022	2023	2024
Tammikuu		97	116	130	141
Helmikuu		97	116	130	141
Maaliskuu	97	97	116	130	
Huhtikuu	97	116	116	130	
Toukokuu	97	116	130	130	
Kesäkuu	97	116	130	130	
Heinäkuu	97	116	130	141	
Elokuu	97	116	130	141	
Syyskuu	97	116	130	141	
Lokakuu	97	116	130	141	
Marraskuu	97	116	130	141	
Joulukuu	97	116	130	141	
Yhteensä (h)		1341	1509	1625	

Kuormituskäynti 15 kW

Kompressorin sähkönkulutus kWh

	2021	2022	2023
Tammikuu	1462	1747	1955
Helmikuu	1462	1747	1955
Maaliskuu	1462	1747	1955
Huhtikuu	1747	1747	1955
Toukokuu	1747	1955	1955
Kesäkuu	1747	1955	1955
Heinäkuu	1747	1955	2108
Elokuu	1747	1955	2108
Syyskuu	1747	1955	2108
Lokakuu	1747	1955	2108
Marraskuu	1747	1955	2108
Joulukuu	1747	1955	2108
Yhteensä (kWh)	20108	22631	24377

Kevennystunnit

Huoltolukemat	Kevennystunnit	Tuntiero	Kuukaudet	kk-tunnit
11.3.2020	44792	-	-	-
19.3.2021	47207	2415	13	186
4.5.2022	49951	2744	13	211
16.6.2023	52734	2783	14	199
6.3.2024	54518	1784	8	223

	2020	2021	2022	2023	2024
Tammikuu		186	211	199	223
Helmikuu		186	211	199	223
Maaliskuu	186	186	211	199	
Huhtikuu	186	211	211	199	
Toukokuu	186	211	199	199	
Kesäkuu	186	211	199	199	
Heinäkuu	186	211	199	223	
Elokuu	186	211	199	223	
Syyskuu	186	211	199	223	
Lokakuu	186	211	199	223	
Marraskuu	186	211	199	223	
Joulukuu	186	211	199	223	
Yhteensä (h)		2457	2435	2531	

Kevennyskäynti 4,5 kW

Kompressorin sähkönkulutus kWh

	2021	2022	2023
Tammikuu	836	950	895
Helmikuu	836	950	895
Maaliskuu	836	950	895
Huhtikuu	950	950	895
Toukokuu	950	895	895
Kesäkuu	950	895	895
Heinäkuu	950	895	1004
Elokuu	950	895	1004
Syyskuu	950	895	1004
Lokakuu	950	895	1004
Marraskuu	950	895	1004
Joulukuu	950	895	1004
Yhteensä (kWh)	11057	10956	11388

LIITE 2: KULUTUSYHTEENVEDOT – VESI JA KAUKOLÄMPÖ

KAUKOLÄMPÖ

Kuukausien keskilämpötilat °C / Kosulanniemi, Varkaus

	2021	2022	2023
Tammikuu	-6,8	-6,5	-3,2
Helmikuu	-10,9	-4,2	-5,0
Maaliskuu	-2,9	-1,7	-4,0
Huhtikuu	3,3	2,0	3,0
Toukokuu	10,0	9,3	10,9
Kesäkuu	19,5	16,5	15,9
Heinäkuu	20,9	18,2	16,7
Elokuu	15,1	18,2	17,5
Syyskuu	8,2	9,0	14,0
Lokakuu	6,8	6,1	2,5
Marraskuu	0,0	0,3	-3,1
Joulukuu	-9,2	-4,6	-7,9
Keskilämpötila	4,5	5,2	4,8

Kaukolämmön toimitetut määrät/toimitetut määrät MWh

	2021	2022	2023
Tammikuu	56,0	50,1	57,6
Helmikuu	55,3	41,9	48,2
Maaliskuu	45,6	42,1	49,2
Huhtikuu	30,7	30,4	31,0
Toukokuu	20,4	15,3	16,0
Kesäkuu	4,9	7,6	8,1
Heinäkuu	4,2	5,3	7,2
Elokuu	11,0	6,6	6,1
Syyskuu	22,8	23,0	11,2
Lokakuu	29,1	32,5	38,1
Marraskuu	38,1	43,5	48,9
Joulukuu	50,7	58,1	59,1
Yhteensä (MWh)	369	356	381

VESI

Toimitetut määrät m3

	2021	2022	2023
Tammikuu	74	79	74
Helmikuu			
Maaliskuu			
Huhtikuu	99	59	106
Toukokuu			
Kesäkuu			
Heinäkuu	81	76	82
Elokuu			
Syyskuu			
Lokakuu	81	76	82
Marraskuu			
Joulukuu			
Yhteensä m3	335	290	344

Tuotannon vedenkulutus m3

	2021	2022	2023
Koneistamon koneiden vedenkäyttö	50	50	50
Koneistamon pesutoimien vedenkulutus	7	7	7
Muu vedenkulutus m3			
Sosiaalitalit	50	35	50
Siivous	17	17	17
WC:t ja hygienia	211	181	220
Yhteensä m3	335	290	344