

Teräsrakenteiden tuotannon energia- analyysi

Juho Kiljunen

Opinnäytetyö
Lokakuu 2019
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Kiljunen, Juho	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä lokakuu 2019
	Sivumäärä 57	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Teräsrakenteiden tuotannon energia-analyysi		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK) energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hannariina Honkanen, Marjukka Nuutinen		
Toimeksiantaja(t) Osakeyhtiö lamit.fi		
Tiivistelmä <p>Osakeyhtiö lamit. fin asiakas oli havainnut tuotantolaitoksessaan energiankulutuksen kannalta paljon kehitettäviä kohteita, näistä tärkeimpiä olivat kohteen maalaamon uusiminen, lämmitysjärjestelmän vaihtaminen, hukkalämpöjen hyödyntäminen ja ilmanvaihdon tehostaminen sekä sinkopuhallus prosessin laitteiston uusiminen. Tämän takia asiakas oli nähnyt tarpeelliseksi hankkia selvityksen, jonka avulla tuotantolaitoksen energiatehokkuutta pystyttäisiin kehittämään. Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä teräsrakenteiden tuotantolaitokselle energia-analyysi.</p> <p>Kohteelle päätettiin tehdä energia-analyysi, koska tuotantolaitoksen energian ja veden kulutukset ovat sen verran merkittäviä, että oli järkevämpää tehdä energia-analyysi kuin energiakatselmus. Energia-analyysi on kattava selvitys kohteen nykytilanteen primääri- ja sekundäärienergiavirroista ja niiden energiansäästömahdollisuuksista. Kun tuotantolaitoksen nykytilanteen kulutustiedot saatiin selville, alettiin laatia toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on vähentää kohteen energian- ja vedenkulutusta, päästöjä sekä energian käyttökustannuksia.</p> <p>Tietoperustaa energia-analyysistä, energiakatselmuksista ja teräsrakenteiden valmistamisesta haettiin luotettavista verkko- ja kirjallisuuslähteistä. Energia-analyysin kohteena olevaan tuotantolaitokseen ja sen tuotannon aiheuttamiin energian ja veden kulutuksiin tutustuttiin kohteesta saatujen dokumenttien ja lähtötietojen avulla sekä katselmuskohteen työntekijöiltä haastatteluissa saatujen tietojen pohjalta.</p> <p>Työn tulokseksi saatiin energia-analyysi, jossa esitetään useita erilaisia toimenpide-ehdotuksia, joiden avulla kohteen energiatehokkuutta ja työskentelyviihtyvyyttä pystyttäisiin kehittämään. Energia-analyysin avulla teräsrakenteiden tuotantolaitoksen on mahdollista kehittää toimintaansa jatkossakin energiatehokkaampaan suuntaan toteuttamalla energia-analyysissä ehdotettuja toimenpide-ehdotuksia.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Energia-analyysi, energiakatselmus, energiatehokkuus		
Muut tiedot		

Description

Author(s) Kiljunen, Juho	Type of publication Bachelor's thesis	Date October 2019
	Number of pages 57	Language of publication: Finnish Permission for web publication: X
Title of publication Energy analysis in steel structure industry		
Degree programme Degree Programme in Energy Technology		
Supervisor(s) Honkanen Hannariina, Nuutinen Marjukka		
Assigned by Osakeyhtiö lamit.fi		
Abstract <p>A Customer of Osakeyhtiö lamit.fi had detected many problems concerning the energy consumption of their steel element factory. The most important problems that they wanted to improve were renewing the paint chambers, replacing their heating system, utilizing waste heat and increasing the performance of the ventilation system as well as investing in a new setup for pretreatment process. Because of the problems, the customer considered it was necessary for them assign a study that will help them to improve energy efficiency of their factory. Therefore, the objective of this bachelor's thesis was to make an energy analysis for the steel element factory.</p> <p>Because the energy and water usage of the factory were so significant it was decided that an energy analysis was more reasonable than an energy survey. Energy analysis is a comprehensive study on the current primary and secondary energy streams of the factory and possible savings on energy usage. After the current information on the consumption was recovered, we started to create procedures whose purpose is to reduce the usage of energy, water, emissions and operating costs of the target factory.</p> <p>Information on energy analysis, energy survey and how to produce steel elements were mostly searched in reliable electronic and literary sources. The steel element factory and its energy and water consumptions were examined from the documents and the initial data that was received by interviewing the employees at the factory.</p> <p>The result of the thesis was an energy analysis where the procedures on how to improve factory's energy efficiency and comfort of working were suggested. In conclusion, the steel element factory can improve their actions to be more energy efficient also in the future by implementing procedure propositions in the energy analysis.</p>		
Keywords/tags subjects Energy-analysis, energy survey, energy efficiency		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Tutkimusasetelma	6
3	Energia-analyysin kannalta tärkeät käsitteet.....	8
3.1	Energiakatselmus	8
3.2	Energia-analyysi.....	9
3.3	Energiatehokkuussopimukset ja energiatehokkuus	9
3.4	Energiatuki.....	11
4	Teräsrakenteiden tuotantoon liittyvät käsitteet	11
4.1	Terästeollisuus ja tuotanto.....	11
4.2	Julkisivurakenteet.....	12
4.3	Teräsrungot ja teräsrakenteet	13
4.4	Terästen esikäsittely ja maalaus.....	15
4.5	Rae- ja hiekkapuhallus.....	15
5	Teräsrakenteiden tuotannon prosessi	16
5.1	Katselmuskohteen nykytilan kartoitus.....	16
5.2	Hallit 6 (esikäsittelyhalli) ja 10 (teräsvarasto)	17
5.3	Hallit 4 ja 5 (hitsaamot)	19
5.4	Hallit 11 (maalaamo) ja 12 (valmistavaran varasto)	19
5.5	Hallit 14 (ilmanvaihto) ja 13 (työstökoneet)	21
5.6	Kunnallistekniset liittymät.....	21
5.7	Käyttö, huolto ja kunnossapito	22
6	Talotekniikka ja rakenteet	22
6.1	Ikkunat, ovet ja seinät	22
6.2	Tilojen- ja lämpimän käyttöveden järjestelmät	23

	2
6.3	Lämmönjako ja lämmöntuottolaitteet.....24
6.4	Putkistot, eristykset, vesi- ja viemärijärjestelmät24
6.5	Ilmanvaihtojärjestelmät ja Ilmanvaihtokoneet sekä jäähdytys25
6.6	Valaistus25
7	Sähkö- ja lämpöenergian sekä veden kulutus25
7.1	Sähkön ja maakaasun energiankulutukset 2016-201826
7.2	Energiansäästöpotentiaalit29
7.3	Mahdolliset LVIS- korjaustoimet29
7.4	Yhteenveto ehdotetuista säästötoimenpiteistä ja energiataloudesta29
7.4.1	Hukkalämpöjen hyödyntäminen30
7.4.2	Teräsvaraston lämmöneristävyuden parantaminen30
7.4.3	Uuteen maalaamoon ja rullaratasinkoon investoiminen.....31
7.4.4	Kiinteistöautomaation hyödyntäminen.....32
7.4.5	Pienemmät toimenpiteet energiatehokkuden kehittämiseksi32
7.4.6	Uusi lämmitysjärjestelmä33
7.4.7	Aurinkosähköjärjestelmä.....33
8	Tehdaspalvelujärjestelmien ja talotekniikan peruskartoitus34
8.1	Vesilämmitysjärjestelmät ja kaasunjakelujärjestelmät.....34
8.2	Paineilmajärjestelmät.....34
9	Prosessilaitteiden peruskartoitus35
9.1	Sinkopuhallus ja teräsrunkojen valmistus.....35
9.2	Putkilaser (Lasertube LT24) ja levyleikkuri.....36
9.3	Nosturit.....36
9.4	Pintakäsittely maalaamossa37
9.5	Valmistavaran varastointi.....37

10 Toimenpiteillä saavutettavat energiansäästöt.....	38
10.1 Pienemmät toimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi.....	38
10.1.1 Paineilmajärjestelmän tarkistaminen.....	38
10.1.2 Rakenteiden lisäeristäminen ja uusien ovien hankinta.....	39
10.2 Uusi lämmitysjärjestelmä	39
10.3 Aurinkosähköjärjestelmä katolle.....	40
10.4 Uusi maalaamo	41
10.5 Uuteen rullaratasinkoon investoiminen.....	42
11 Yhteenveto	42
12 Pohdinta.....	44
Lähteet	46
Liitteet.....	51
Liite 1. Sankey-energiatasekaavio	51
Liite 2. Energia-analyysin rakenne ja tarvittavia tietoja.....	52
Liite 3. Prosessilaitteiden energiankulutusten arviointi.....	53

Kuviot

Kuvio 1. Vinoköysisilta Severinsbrücke Reinin yli Kölnissä 1958	14
Kuvio 2. Katselmuskohteen hallit. Halli 10: Terästen varastointi. Halli 6: Esikäsittely. Hallit 4 ja 5: Hitsaamot. Halli 8: Varasto. Halli 13: Työstökoneet. Halli 14: IV-kone ja terästen jatkokäsittely. Halli 11: Maalaamo. Halli 12: Maalattujen ja valmiiden terästen varastointi.	17
Kuvio 3. Teräkset menossa varastohallista sinkopuhallukseen	18
Kuvio 4. Teräkset sinkopuhalluksessa	18
Kuvio 5. Teräkset tulossa pois sinkopuhalluksesta	19
Kuvio 6. Maalaamon tuloilmakanavat	20

Kuvio 7. Maalaamon poistoilmakanava	21
Kuvio 8. Hallin 6 lämminilmapuhallin.....	24
Kuvio 9. Sähkönkulutus 2016-2018.....	26
Kuvio 10. Sähköenergiankulutus 23.1.2019.....	27
Kuvio 11. Tuotannossa kuluva sähköenergia 2018.....	27
Kuvio 12. Maakaasun kulutus 2016-2018.....	28
Kuvio 13. Tuotannossa kuluva maakaasu 2018.....	28
Kuvio 14. Laserilla sinkopuhallettuihin teräksiin tehdyt reiät.....	36
Kuvio 15. Energiakustannukset ja vuoden säästöt.....	44

Taulukot

Taulukko 1. Lämminilmapuhaltimet	23
Taulukko 2. Hallien lämpötilat talvella.....	23
Taulukko 3. Katselmuskohteen kokonaiskulutukset vuodelta 2018.....	26
Taulukko 4. Paineilmajärjestelmän peruskartoitus.....	34
Taulukko 5. Rakenteiden lisäeristäminen ja uusien ovien hankinta.....	39
Taulukko 6. Uuden ja nykyisen lämmitysjärjestelmän vertailu	40
Taulukko 7. Arvio investoinnista ja takaisinmaksuajasta.....	40
Taulukko 8. Nykyisen ja uuden maalaamon lämpöenergian kulutuksen vertailu	41
Taulukko 9. Nykyisen ja uuden maalaamon sähköenergian kulutuksen vertailu.....	41
Taulukko 10. Maalaamohanke	42
Taulukko 11. Yhteenveto kulutuksista ja säästöistä	43

1 Johdanto

Yli neljäsosa Suomen lämpöenergiankulutuksesta aiheutuu teollisuuskiinteistöjen lämmityksestä. Joillakin teollisuudenaloilla kiinteistösähkön osuus kattaa, jopa 70 % sähköenergian kokonaiskulutuksesta. Tämän takia teollisuuskiinteistön energiatehokkuuteen on järkevää kiinnittää huomiota. Energiatehokkuutta voidaan kehittää muuttamalla käyttötottumuksia, ohjaamalla energiankulutusta todellisen tarpeen mukaan, hyödyntämällä hukkalämpöjä ja valitsemalla energiatehokkaat laite- ja järjestelmäratkaisut. (Energiatehokas teollisuuskiinteistö n.d.)

Energia-analyysien ja energiakatselmuksien tavoitteena on kartoittaa, mihin esimerkiksi yrityksissä ja tuotantolaitoksissa kuluu eniten energiaa vuodessa. Kun kulutus-tiedot oli saatu selville ja analysoitu sekä tarvittavat laskemat tehty, pyritään keksi-mään toimenpiteitä, joilla yrityksiä tai laitoksien toimintaa saataisiin kehitettyä kan-nattavampaan ja energiatehokkaampaan suuntaan. Energiatehokkuudella tarkoitetaan, esimerkiksi sitä, että tuotteet saadaan tehtyä pienemmillä materiaali ja/tai energiankulutuksilla.

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Jyväskylän Seppälässä sijaitseva Osakeyhtiö lamit.fi. Yritys on perustettu vuonna 1995, ja sen sivutoimipiste sijaitsee Tampereella. Osakeyhtiö lamit.fi tekee asiakkailleen kiinteistöjen energiaselvityksiä ja -todistuksia sekä lämpöselvityksiä ja energiakatselmuksia. Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä lami-tin asiantuntijoiden kanssa, joilla on pätevyys tehdä energiakatselmuksia ja -analyy-sejä. Opinnäytetyön kohteeseen päätettiin tehdä teollisuuden energiakatselmusta laajempi selvitys eli energia-analyysi koska, kohteen lämmön ja sähkön kulutukset ovat merkittäviä.

Katselmuskohteena oli suomalainen yritys, joka suunnittelee, valmistaa ja asentaa asiakkailleen teräsrakenteita sekä julkisivuratkaisuja. Katselmuskohteena olevan yri-tyksen nimi ja muut luottamukselliset tiedot on luvattu pitää salassa. Yritys on tehnyt teräs- ja julkisivurakenteita sekä verhouksia isohkoihin toimistorakennuksiin, sairaa-loihin sekä tehdas- ja messuhalleihin. Esivalmistetut teräsrungot kuljetetaan raken-nustyömaalle, jossa ne kasataan ja asennetaan rakennuksen sekä rakenteen käyttö-tarkoituksen mukaisesti. Raakateräksiset ja kierrätysteräksiset hankitaan katselmuskoh-teeeseen kotimaisilta ja kansainvälisiltä yritysiltä.

2 Tutkimusasetelma

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä energia-analyysi terästuotannon yritykselle. Teollisuuden energia-analyysissä käydään läpi kohteen energian- ja vedenkäytön nykytilanne, kuvataan tehdaspalvelu- ja taloteknisten järjestelmien sekä prosessien toiminta, käyttö ja energiatehokkuus sekä esitetään säästötoimenpiteet säästövaikutuksineen, perusteluineen ja takaisinmaksuaikoineen (Teollisuuden energia-analyysi 2016.) Yrityksessä oli huomattu paljon kehitettävää monellakin osa-alueella. Suurimmat ongelmat, joihin lähdettiin etsimään ratkaisua, olivat hallien lämmitysjärjestelmät, sinkopuhallusprosessi, maalaamon toiminta ja ilmanvaihto sekä maalattujen terästen kuivaaminen. Julkisivurakenteiden tuotanto päätettiin rajata ulos tästä energia-analyysistä, koska julkisivurakenteiden tuotannossa tai taloteknisissä ominaisuuksissa ei havaittu yhtä suuria ongelmia kuin teräsrakenteiden tuotannossa.

Opinnäytetyötä lähdettiin tekemään kehittämisprojektina, sillä tavoitteena oli kehittää jotakin jo olemassa olevaa toimintaa. Tarkoituksena oli kehittää toimenpiteitä, joilla saataisiin säästettyä energiaa sekä vähennettyä CO₂-päästöjä ja muutenkin kehittää katselmuskohteen yritystoimintaa. Kehittämistutkimusta ei pidetä omana erillisenä tutkimusmenetelmänä, vaan se on monen eri tutkimusmenetelmän yhdistelmä. Tätä yhdistelmää käytetään tilanteen, tutkimusongelman ja kehittämiskohteen tarpeiden mukaan. Tämän kaltaisessa tutkimusstrategiassa yhdistyvät kvalitatiiviset ja kvantitatiiviset tutkimusmenetelmät. (Kananen 2015, 33.) Tutkimusaineistoa kerättiin käymällä katselmuskohteessa ja haastattelemalla kohteen henkilöstöä kuten, esimerkiksi huoltopäällikköä.

Opinnäytetyö tehtiin Osakeyhtiö lamitin energia-alan ammattilaisten ohjauksella. Heillä on pätevyys tehdä energiakatselmuksia ja energia-analyysejä. Energiakatselmuksia ja analyyseja saavat tehdä henkilöt, jotka ovat käyneet ja suorittaneet hyväksytysti Motivan järjestämän energiakatselmoijan peruskurssin (Kiuru 2018). Motiva Oy on valtion omistama yhtiö, joka tekee käytännön työtä uusiutuvien energialähteiden ja energiansäästön käyttämisen edistämiseksi (Ritoniemi & Puhakka n.d). Osakeyhtiö lamitin henkilöstön lisäksi työssä oli mukana muitakin yhteistyökumppaneita, jotka osallistuvat energia-analyysin tekemiseen, kuten esimerkiksi katselmuskohteen

huoltopäällikkö. Tämän työn kannalta oli tärkeää saada katselmuskohteesta mahdollisimman hyvät ja tarkat lähtötiedot, joita analysoimalla voitiin tehdä tarvittavia toimenpide-ehdotuksia. Tämän lisäksi kohteeseen piti tehdä riittävän monta tarkastuskäyntiä, jotta katselmuskohde ja sen tuotanto ja energiankulutukset sekä ongelmat kohdat hahmottuisivat riittävän hyvin katselmoijalle. Ensimmäinen tarkastuskäynti tehtiin vähän ennen juhannusta, toinen tarkastuskäynti tehtiin heinäkuun ensimmäisellä viikolla ja kolmas tarkastuskäynti tehtiin syyskuun alkupuolella. Opinnäytetyössä olevat valokuvat otin ensimmäisellä tarkastuskäynnillä ja opinnäytetyössä olevat kuvat ja taulukot, paitsi kuvion 1 tein katselmuskohteesta saatujen lähtötietojen avulla. Kuvioden ja taulukoiden lähtötietoina käytetty mm. sähkön, kaasun ja veden kausittaisia kulutustietoja vuosilta 2013-2018, lisäksi on käytetty rakenteiden tilavuus ja pinta-ala tietoja. Lähtötietoja on analysoitu käyttäen Exceliä ja kulutuksia sekä tuotantoa on havainnollistettu Excelissä luoduilla taulukoilla ja kuvioilla.

Yksi tavoite, jota uudistuksilla ja toimenpiteillä pyrittiin saamaan aikaiseksi, oli alenuttaa ulosmyytävän tuotteen hintaa, näin pystytään erottumaan kilpailijoista. Muita hyötyjä, joita toimenpiteillä voidaan saavuttaa, ovat tuotannon läpimenoajan lyheneminen ja työympäristön viihtyvyyden parantuminen sekä yrityksen toiminnan muuttaminen energiatehokkaammaksi. Tavoitteena oli myös vähentää takuukorjauksia, joita syntyy, kun maali ei kuivu talvella riittävän hyvin. Tämän takia joudutaan maalauksia tekemään kentällä. Optimoimalla maalaamon energiankäyttöä saadaan aikaiseksi parempi kuivausprosessi. Toimenpiteitä kehiteltäessä täytyi myös tehdä tarvittavat investointilaskelmat ja mitoitukset.

3 Energia-analyysin kannalta tärkeät käsitteet

3.1 Energiakatselmus

Tämän opinnäytetyön kannalta on tärkeää ymmärtää, mitä energiakatselmuksilla ja energia-analyyseillä tarkoitetaan ja miksi niitä tehdään. Energiakatselmuksien tavoitteena Motivan mallin mukaan on esittää kohteesta laaja ja kattava selvitys sen toiminnasta ja sen toiminnan aiheuttamista veden- ja energiankulutuksista sekä toimenpiteistä, joilla yrityksen tuotantoa saataisiin muutettua energiatehokkaammaksi, sekä tunnistaa mahdolliset energiansäästöt kohteessa. (Heinara & Kiuru 2018.) Teollisuuden rakennuksilta ei vaadita vielä energiatodistusta, sillä nykyinen käytäntö luokittelee ne rakennustyyppiin 'muu rakennus', jonka A-energialuokan energiatehokkuusluokka voidaan saavuttaa, kun kulutus on alle 110 kWh/m²/vuosi. (Energiatehokas teollisuuskiinteistö n.d.)

Työ- ja elinkeinoministeriön energiaosaston energiakatselmustoiminnan yleisohjeissa on esitetty yleiset määräykset ja ohjeet, kuinka teollisuuskohteiden energiakatselmuksia tulee tehdä. Suurilla yrityksillä energiakatselmuksia ovat pakollisia ja ne tehdään vähintään neljän vuoden välein, paitsi jos yrityksellä on ISO 14001 -standardin mukaisesti sertifioitu ympäristönhallintajärjestelmä sekä sertifioitu ETJ+ eli energiatehokkuusjärjestelmä. (Rittonummi & Kärpänen n.d; Fast & Saarivirta 2019.)

Organisaation, jolla on energiatehokkuusjärjestelmä, on otettava huomioon energiatehokkuuden parantamismahdollisuudet ja energian käytön hallinta suunniteltaessa uusia sekä muokattaessa tai kunnostettaessa sellaisia tiloja, laitteita, systeemejä ja prosesseja, joilla voi olla merkittävä vaikutus energiatehokkuuteen. (Fast & Saarivirta 2019.)

Säästöjen laskennassa perusteena on ensisijaisesti käytettävä elinkaarikustannusten analyysiä, jotta voidaan ottaa huomioon pitkän tähtäimen säästöt. Energiatehokkuusarviointien tuloksia on hyödynnettävä mahdollisuuksien mukaan projektien erittelyissä, suunnittelussa ja hankintatoimissa. Suunnittelun tulokset on tallennettava. (Fast & Saarivirta 2019.)

3.2 Energia-analyysi

Teollisuuden energia-analyysin tarkoituksena on tutkia kaikki katselmuskohteen primääri- ja sekundäärienergiavirrat sekä energiansäästömahdollisuudet. Energiakatselmuksessa sekä energia-analyysissä molemmissa käsitellään kohteen energioiden ja veden käytön nykytilanne sekä tehdaspalvelu, prosessi- ja taloteknisten järjestelmien toiminta, käyttö ja energiatehokkuus. Lopuksi esitetään säästötoimenpiteet perusteluineen ja toimenpiteillä saavutettavat säästöt sekä takaisinmaksuajat. (Teollisuuden energia-analyysi 2016.)

Energia-analyysi ja energiakatselmus eroavat toisistaan vain siten, että energia-analyysi on hieman laajempi ja perusteena energia-analyysin tekemiselle energiakatselmuksen sijaan on katselmuskohteen energian ja veden arvonlisäverottomat vuosikustannukset. Esimerkiksi, jos kohteen energian ja veden vuosikustannukset ovat luokkaa 55 000 – 1 400 000 €, voidaan valita, tehdäänkö kohteelle teollisuuden energiakatselmus vai teollisuuden energia-analyysi, mutta jos kohteen vuosikustannukset ovat 1 400 000 - 3 000 000 €, voidaan katselmuskohteelle tehdä vain teollisuuden energia-analyysi. (Teollisuuden energiakatselmus 2017.)

3.3 Energiatehokkuussopimukset ja energiatehokkuus

Monet teollisuuden energia- ja palvelualan yritykset ovat tehneet vapaaehtoisia energiatehokkuussopimuksia ja sitoutuneet niihin. Tavoitteena on kehittää yrityksen energiatehokkuutta ja siten lisätä Suomen energiaomavaraisuutta sekä pienentää yrityksen toiminnasta aiheutuvia ilmastonmuutosta edistäviä hiilidioksidipäästöjä. (Leino n.d.)

Energiatehokkuussopimusten avulla Suomi pyrkii täyttämään EU:n energiatehokkuusdirektiivin (EED) Suomelle asettamat tiukat energiatehokkuusveloitteet. Uusi sopimuskausi on asetettu vuosille 2017-2025. Yksi tapa kehittää yrityksen toimintaa energiatehokkaampaan suuntaan on tehdä sille energiakatselmus tai energia-analyysi. (Energiatehokkuussopimukset n.d.)

Energiatehokkuutta pyritään parantamaan EU:ssa myös tuotteiden ekologisella suunnittelulla, eli tuotteen on täytettävä sille asetetut ekologisen suunnittelun vaatimukset, jotta sen voi tuoda EU:n markkinoille. Näin kuluttaja pystyy esimerkiksi pyykinpesukonetta ostaessaan valitsemaan energiamerkin perusteella energiatehokkaan laitteen. Suomessa ja Euroopassa energian kokonaiskulutusta voidaan pienentää merkittävästi energiamerkin ja ekologisen suunnittelun vaatimuksilla. Euroopan komission arvion perusteella näin energiankulutusta pystytään vähentämään EU:ssa, jopa 1900 TWh vuonna 2020. (Kärpänen n.d.)

Ritonummen ja Puhakan (n.d.) mukaan energiatehokkuuden kehittämisen tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen kustannustehokas vähentäminen ja ilmastonmuutoksen hillinnän lisäksi energian säästäminen on muutenkin tärkeää. Yrityksen energiatehokkuutta voidaan esimerkiksi parantaa toimenpiteillä, joiden avulla yrityksen energiankulutusta saataisiin pienennettyä niin, että tuotantomäärät pysyisivät samana, jolloin saadaan aikaan myös kustannussäästöjä. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi sähkönkäytön tehostaminen, lämpöhäviöiden pienentäminen, hukkalämmön hyötykäyttö sekä energiankulutuksen mittaus ja ohjaus. Kustannussäästöjä voidaan saada aikaiseksi jopa ilman investointeja, esimerkiksi säätämällä järjestelmiä, prosesseja tai laitteita. Investoinneilla saavutettavat säästöt energiankulutuksessa maksavat itsensä yleensä takaisin noin 1 - 10 vuodessa. (Säästötoimenpiteet 2019.)

Työ- ja elinkeinoministeriö voi myöntää harkinnan perusteella rahallista tukea innovatiivisiin energiahankkeisiin. Tällaisia hankkeita ovat muun muassa uusiutuvan energian tuotanto tai käyttö, energiajärjestelmän muuttaminen vähähiiliseksi ja energiansäästö sekä energian tuotannon tai käytön tehostaminen. Energian käytön tehostamista ja energiansäästöön sekä energian käyttöä koskevia tuettavia selvityshankkeita ovat energia-analyysit ja energiakatselmukset. (Kärpänen, Saari & Veijonen n.d.)

3.4 Energiatuki

Business Finland rahoittaa energiakatselmuksia energiätuen perusteiden mukaan. Yritys voi saada energiätukirahoituksen, esimerkiksi jos katselmuskohteessa kehitetään uusiutuvan energian tuotantoa tai energian tuotannon ja käytön tehostamista. Uusiutuviin energialähteisiin ja energiatehokkuuteen sekä uuden teknologian investointihankkeisiin yritys voi saada tukea enintään 40 %. Hankkeen tai hankkeiden investointikustannusten täytyy olla vähintään 10 000 €, jotta niihin voi saada energiätukea. Energiätukea voidaan myöntää kaiken kokoisille yrityksille, kunnille, seurakunnille, säätiöille sekä ammatin- ja liikkeenharjoittajille ja toiminimille. Energiakatselmuksista on yrityksille monenlaista hyötyä, esimerkiksi erilaiset katselmuksissa havaitut säästömahdollisuudet. Investointien avulla voidaan pienentää järjestelmien ja prosessien energiankulutuksista ja näin ollen myös energiakustannukset alentuvat. Tämän takia investoinnit maksavat itsensä nopeasti takaisin, yleensä jopa n. 1 - 2 vuodessa. (Energiatuki n.d.)

4 Teräsrakenteiden tuotantoon liittyvät käsitteet

4.1 Terästeollisuus ja tuotanto

Teräs on täysin kierrätettävää materiaalia. Suomessa kierrätysterästä käytetään yli miljoona tonnia vuodessa ja yli 40 % koko maailman teräksen tuotannosta valmistetaan kierrätysteräksestä. (Terästeollisuus ja ympäristö n.d). Terästä valmistetaan magnetiitista ja hematiitista, jotka ovat rautamalmimineraaleja. Magnetiittia kutsutaan myös mustamalmiksi (Fe_3O_4) ja se on magneettinen mineraali. Hematiitti tunnetaan nimellä verikivi (Fe_2O_3) ja toisin kuin mustamalmi, se ei ole magneettinen. Raudan valmistuksessa malmin ei voida käyttää sellaisenaan, vaan se on rikastettava ensin, eli malmin malmista poistetaan muita mineraaleja ja kerätään arvomineraalit, eli magnetiitti ja hematiitti talteen. Erottelu tapahtuu hyödyntämällä mineraalien magneettisia ominaisuuksia kuten tiheyttä tai pintaominaisuuksien eroja. Rikastamisen jälkeen mineraalit joko jauhetaan tai murskataan, riippuen siitä minkälaisia malmituotteita niistä valmistetaan. (Teräsrakentaminen 2008, 21.) Teräs on metalliseos, joka koostuu enimmäkseen raudasta ja hiilestä, hiiltä seoksessa on kuitenkin vain 0,02 – 2

%. Rauta- ja terästeollisuus on kehittynyt 25 vuoden ajan energiatehokkaampaan suuntaan. Kehitys on tapahtunut terästen kierrättämisellä ja paremmalla energiankäytön hyötysuhteella sekä materiaalien järkevämmällä käytöllä. (Iron and steel emissions n.d.)

Rautamalmipohjainen teräs tuotetaan masuuneissa pelkistämällä rautamalmia. Pelkistäminen tapahtuu lisäämällä masuuneihin koksia ja hiiltä. (Teräksen tuotanto n.d). Teräksen valmistuksessa syntyy paljon hiilidioksidia, ja nykyteknologialla sitä ei vielä pystytä valmistamaan ilman hiilidioksidipäästöjä, mutta SSAB on kehittelemässä uutta teräksenvalmistusmenetelmää, jossa koksi korvattaisiin vedyllä, joka on tuotettu fossiilittomalla sähköllä. Uudella menetelmällä hiilidioksidin sijasta päästöinä syntyisi vain vettä. Teräksenvalmistusmenetelmän kehittäminen fossiilittomaksi on kunnioitettava tavoite, koska teräksen tarpeen voidaan olettaa kasvavan väestönkasvun ja kaupungistumisen takia. (Terästeollisuuden tulevaisuus on fossiiliton 2019.)

4.2 Julkisivurakenteet

Vaikka tässä energia-analyysissä ei tutkita katselmukskohteen julkisivurakenteiden tuotantoa, on silti hyvä käydä lyhyesti läpi niiden merkitystä kiinteistöjen rakentamisessa. Julkisivujen toiminallisena tehtävänä on lämmöneristäminen sekä rakennuksen tilojen suojaaminen sateelta ja tuulelta. Julkisivun tarkoituksena on myös antaa kiinteistölle ilme, joka kertoo kiinteistön käyttäjälle ja ulkopuoliselle sen käyttötarkoituksesta, merkityksestä, iästä, rakennustekniikasta ja rakennusmateriaaleista (Suonto 1996, 8.)

Olemassa olevalle kiinteistökannalle tehdään julkisivusaneerauksia monista syistä ja näistä yleisimpiä ovat seuraavat:

- rakennuksen elinkaari pitenee
- kiinteistön arvon nousu
- yrityksen imago kohenee
- energiatehokkuus paranee
- henkilöstö viihtyy paremmin.

Kiinteistöjen arvo nousee ja niiden yleisilme parantuu, kun niihin tehdään julkisivusaneeraus. Arvon noustessa voidaan myös korottaa kiinteistön vuokratasoa. Yleensä myös kiinteistön energiatehokkuutta saadaan paremmaksi julkisivusaneerauksella, esimerkiksi julkisivu aurinkopaneeleilla. Ruukki on kehittänyt Liberta Solar -järjestelmän, jonka avulla uudistuva energiantuotanto saadaan integroitua rakennukseen laadukkaasti ja näyttävästi. Järjestelmä toimii aurinkosähköjärjestelmänä sekä tuulettavana julkisivujärjestelmänä. (Julkisivun aurinkopaneelit n.d.) Energiatehokkuutta saadaan kehitettyä myös esimerkiksi uusilla eristeillä ja ikkunoilla, jolloin johtumislämpöhäviöt pienenevät ja lämmityksentarve vähenee.

4.3 Teräsrungot ja teräsrakenteet

Teräsrunko on hyvä ja kustannustehokas ratkaisu, koska se pystytään rakentamaan nopeasti, jolloin se ei aiheuta pitkää tuotantokatkoa yrityksen liiketoiminnalle. (Teräsrunko on valttia n.d). Teräksen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat korkea lujuus ja matala omapaino, näiden ominaisuuksien ansiosta teräksestä on mahdollista valmistaa ohuita ja kestäviä rakenteita. Teräsrunkoja valmistettaessa ja rakennustyömaalle toimitettaessa teräsrunkojen mittatoleranssit ovat suuret, ja rungot esivalmistetaan niin, että niiden liitännät ovat valmiit, ennen kuin ne toimitetaan asennettavaksi rakennustyömaalle, jossa ne ruuvataan kokoon. (Teräsrakentaminen 2008, 58.) Nykyään suuret avoimet tilat rakennetaan käyttäen teräsrunkoja, jotka mahdollistavat kantavan rakenteen ilman häiritseviä pilareita, esimerkiksi urheiluhallit ja varastot tehdään usein teräsrunkoisina. (Teräsrakenneteollisuus n.d.) Suuren lujuuden ansiosta myös sillat ovat yleisesti teräsrakenteisia, esimerkiksi Kölnissä sijaitseva Severinsbrücke on valmistettu teräksestä ja sen pisin jänneväli on 302 m, (ks. kuvio 1).



Kuvio 1. Vinoköysisilta Severinsbrücke Reinin yli Kölnissä 1958

(Teräsrakenteet 1. 1988, 7.)

Kerrostaloissa yleisesti käytetyt runkorakenteet ovat

- rakenne, jossa käytetään kantavia seinäelementtejä
- pilari- ja palkkirakenne
- pilari ja välipohjarakenne.

Runkorakenteiden tehtävänä on jakaa rakenteisiin kohdistuvat horisontaaliset ja vertikaaliset kuormitukset maapohjaan. Horisontaalisia kuormituksia rakenteisiin aiheuttavat esimerkiksi tuuli ja tahattomasti vinoon asentamisesta aiheutuva kuorma. Vertikaalisia kuormia ovat mm. lumesta aiheutuva kuorma, rakennuksen osien omapaino ja sisustuksen, ihmisten, ajoneuvojen yms. aiheuttama hyötykuorma. (Teräsrakentaminen 2008, 58-59.)

Teräsrakenteella tarkoitetaan terästä, jota on käsitelty ja johon on mahdollisesti liitetty hitsaamalla muita teräsosia tai jota on leikattu sopivan muotoisiksi. Lisäksi myös teräsrakenteiden pinnat yleensä maalataan tai hiekkapuhalletaan. Teräsrakenteita käytetään rakennustyömailla, joissa ne kasataan kokoon joko yhdestä tai useammasta teräsrakenteesta.

4.4 Terästen esikäsitteily ja maalaus

Terästen pinnoitteen esikäsitteilyllä on suuri merkitys hyvässä ruostesuojauksessa. Esikäsitteilyn tarkoituksena on puhdistaa teräspinta ruosteesta, oksidikerroksesta, öljystä, rasvasta, suoloista ja muista epäpuhtauksista. Hyvällä esikäsitteilyllä teräksen pinnasta saadaan poistettua korroosiota aiheuttavat epäpuhtaudet ja saavutetaan hyvä tarttumapinta terästä suojaavalle maalille. Esikäsitteilymenetelmä valitaan rakenteen käyttökohteen mukaan ja samalla täytyy myös huomioida valittu maalausmenetelmä. Esikäsitteily tulee tehdä sisätiloissa, tai kuivalla säällä ja teräksen lämpötilan tulee olla 3 C° korkeampi, kuin kastepisteen. (Teräsrakentaminen 2008, 128-129.)

Teräsrakenteita pintakäsitellään, eli maalataan korroosiosuojan aikaansaamiseksi, sekä teräksen ulkonäöllisistä syistä. Maalauksessa ruostesuojauksen onnistumisen kannalta on tärkeää maalikerroksen paksuus, maalausolosuhteet ja maalausmenetelmä. Teräspinnan suojamaalin tavallisimmat levitysmenetelmät ovat tela- ja pensselimaalaus, korkeapaineruiskutus sekä perinteinen ruiskumaalaus. Teräsrakennetetaan maalausosaston tulee olla erillään muista tiloista, koska ruostesuojamaalit sisältävät ihmisen terveydelle haitallisia aineita. Tämän takia maalausosasto täytyy myös varustaa kunnollisella ilmanvaihdolla ja maalaamossa täytyy huomioida tarpeenmukaiset suojoimenpiteet. (Teräsrakentaminen 2008, 128-129.)

4.5 Rae- ja hiekkapuhallus

Rae- ja hiekkapuhalluksen tarkoituksena on puhdistaa käsiteltävä materiaali kuten esimerkiksi teräs tai metalli epäpuhtauksista. Rae- ja hiekkapuhallus tapahtuu puhaltamalla rakeita suurella nopeudella käsiteltävän materiaalin pinnalle. 1900-luvun jälkeen hiekkapuhallutuksesta on siirrytty pölyn aiheuttamien terveyshaittojen takia sinkopuhallutukseen. (Työturvallisuuskeskus, 2018.) Katselmuskohteessa kyseinen työvaihe tehdään rullaratingolla, jossa puhdistettavat pitkät ja/tai levymäiset teräsrakenteet asetellaan rullaradalle, jossa ne kulkevat singon läpi. Sinkopuhdistus tehdään yleensä kovalla nopeudella pyörivien sinkopyörien avulla, joilla singotaan kierätettävää ja pyöreätä teräshiekkaa tai rakeita, joiden tarkoituksena on puhdistaa te-

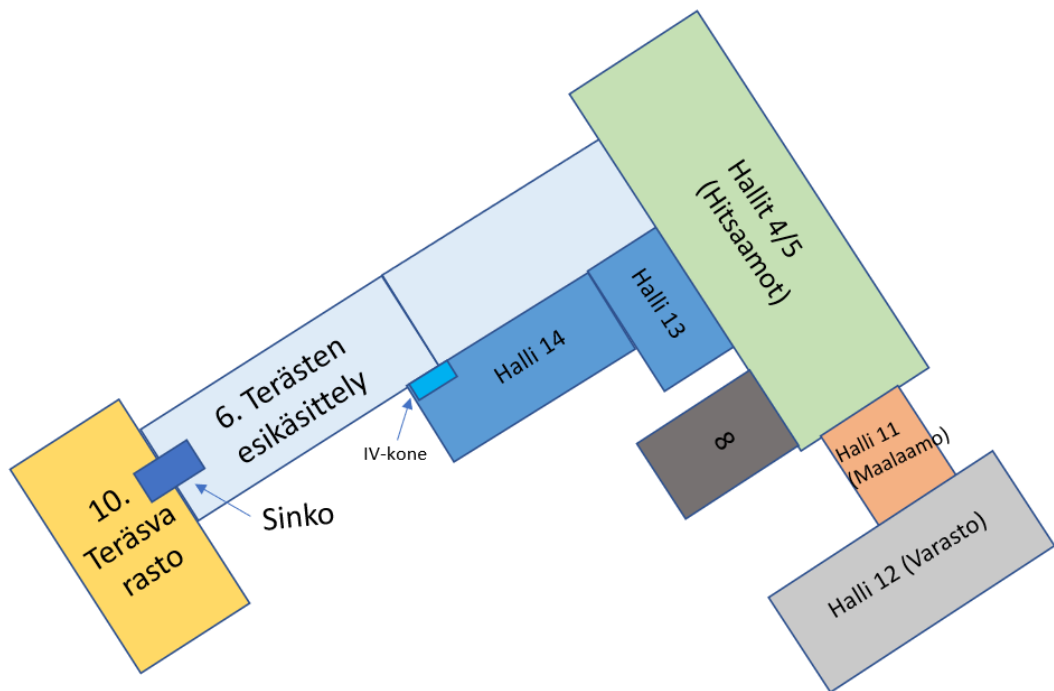
räsrakenteiden pinta epäpuhtauksista kuten esimerkiksi ruosteesta, oksidikerroksesta ja öljyistä. Sinkopuhallus on nopea ja tehokas menetelmä puhdistaa teräsrakenteita. (Sinkopuhallus N.d.) Katselmuskohteen singolla päästään suihkupuhdistusasteissa Sa 2 ½, jolla tarkoitetaan hyvin huolellista suihkupuhdistusta. Hyvin huolellisen suihkupuhdistuksen jälkeen paljain silmin tarkasteltavan kappaleen pinnalla ei saa näkyä rasvaa, öljyä, likaa, ruostetta, valssihilsettä, maalia tai vieraita aineita. Pinnalle jäävät epäpuhtaudet näkyvät korkeintaan heikkoina laikkumaisina tai juovamaisina varjostumina tai värjäytyminä. (Suihkupuhdistusasteet n.d.)

5 Teräsrakenteiden tuotannon prosessi

5.1 Katselmuskohteen nykytilan kartoitus

Ensimmäisellä tarkastuskäynnillä havaittiin kohteen tärkeimmät kehitettävät järjestelmät, prosessit ja työvaiheet. Ensimmäinen tarkastuskäynti katselmuskohteeseen tehtiin kesällä vähän ennen juhannusta. Ensimmäisellä tarkastuskäynnillä pidettiin palaveri, jossa käytiin läpi energia-analyysin aikataulua ja siihen liittyviä tehtäviä. Palaverin lisäksi käytiin tehdaskierroksella, jossa käytiin läpi kohteessa olevia ongelmia.

Toinen tarkastuskäynti tehtiin heinäkuun alkupuolella, silloin tutkittiin enemmän teknisiä tiloja, ilmanvaihtokonetta ja sulakekaappeja. Ensimmäisellä tarkastuskäynnillä erääksi ongelmaksi havaittiin terästen varastointi, koska osa teräksistä ei mahdu varastohalliin, joten niitä joudutaan varastoimaan pihalla. Tämä aiheuttaa lisää lämmitysenergian tarvetta talvella, kun teräkset jäätyvät, jolloin ne täytyy esilämmittää sinkopuhalluksessa, koska teräksen pinnalle ei saa kondensoitua nestettä tämän prosessin aikana. Varastohallissa keväisin ongelmana on kylmien teräspalkkien lämpeneminen, joka aiheuttaa halliin niin paljon kosteutta, että se sataa katosta alas vetenä. Tämä johtunee luultavasti huonosta ilmanvaihdosta sekä nopeasta lämpötilan vaihtelusta. Maalaamoiden ongelmana on se, että ne kuluttavat paljon energiaa, koska maalaamokammioihin puhalletaan paljon lämmintä ilmaa, joka kuivattaa maalattuja teräsrakenteita ja tämä maalaamoihin puhallettu lämmin ilma menee suoraan pois toilmakanavia pitkin pihalle. Rakennusjätettä kohteessa syntyy 4,12 tonnia viiden päivän aikana. Katselmuskohteen hallit on havainnollistettu kuviossa 2.



Kuvio 2. Katselmuskohteen hallit. Halli 10: Terästen varastointi. Halli 6: Esikäsitteily. Hallit 4 ja 5: Hitsaamot. Halli 8: Varasto. Halli 13: Työstökoneet. Halli 14: IV-kone ja terästen jatkokäsittely. Halli 11: Maalaamo. Halli 12: Maalattujen ja valmiiden terästen varastointi.

5.2 Hallit 6 (esikäsitteilyhalli) ja 10 (teräsvarasto)

Teräkset siirtyvät varastohallista eli hallista 10 sinkopuhalluksen kautta halliin 6 laserille ja muille työstökoneille, kuten plasmaleikkurille, muokattaviksi. Sinkopuhalluksen tarkoituksena on teräksen puhdistus mekaanisesti teräshiekalla tai särmikkäällä teräsmurskeella. Terästen sinkopuhallus tehdään katselmuskohteessa sähköllä toimivilla turbiinipuhaltimilla ja talvella jäätyneitä teräksiä joudutaan esilämmittämään kaasulla toimivilla sinkoon integroiduilla lämminilmapuhaltimilla. Kappaleiden läpimenoaika riippuu kappaleen koosta, mutta yleensä teräkset saadaan sinkopuhallettua noin 1-2 minuutissa. Sinko on asennettu kohteeseen vuonna 1964 ja se on alkuperäinen. Katselmuskohteessa olisi hyvä investoida uuteen sinkoon, koska nykyään markkinoilla olevat singot ovat varmasti paljon energiatehokkaampia ja kohteessa onkin suunniteltu singon vaihtamista uudempaan, joten tätä voitaisiin pitää hyvin todennäköisesti suoritettavana toimenpiteenä. Sinkopuhalluksen jälkeen teräksiä esi-

käsitellään tilausten mukaan laserilla tai muilla työstökoneilla, ennen kuin ne menevät hitsaukseen. Terästen esikäsitteily hallin, eli 6 hallin lämmitysjärjestelmä toimii huonosti tai ei toimi ollenkaan. Hallia lämmitetään lämminilmapuhaltimilla, jotka toimivat kaasupolttimilla. Kuvioissa 3 - 5 teräkset ovat menossa sinkopuhallusprosessin läpi.



Kuvio 3. Teräkset menossa varastohallista sinkopuhallukseen



Kuvio 4. Teräkset sinkopuhalluksessa



Kuvio 5. Teräkset tulossa pois sinkopuhalluksesta

5.3 Hallit 4 ja 5 (hitsaamot)

Esikäsitteilyn jälkeen teräkset siirtyvät joko suoraan hitsaamoon tai muuhun jatkokäsittelyyn, kuten esimerkiksi kuviosahalle. Teräsiin tehdään tilauksien mukaiset hitsaukset ja liitännät, ennen kuin ne menevät maalaamoon. Hitsaamoissa syntyy paljon lämpöä, ja keskellä hitsaamon kattoa on yksi iso poistoilma-aukko, josta poistoilma ja lämpö häviävät taivaalle. Hitsaamon valaistus on suunniteltu vaihdettavaksi loistelampuista LED-valaistukseen.

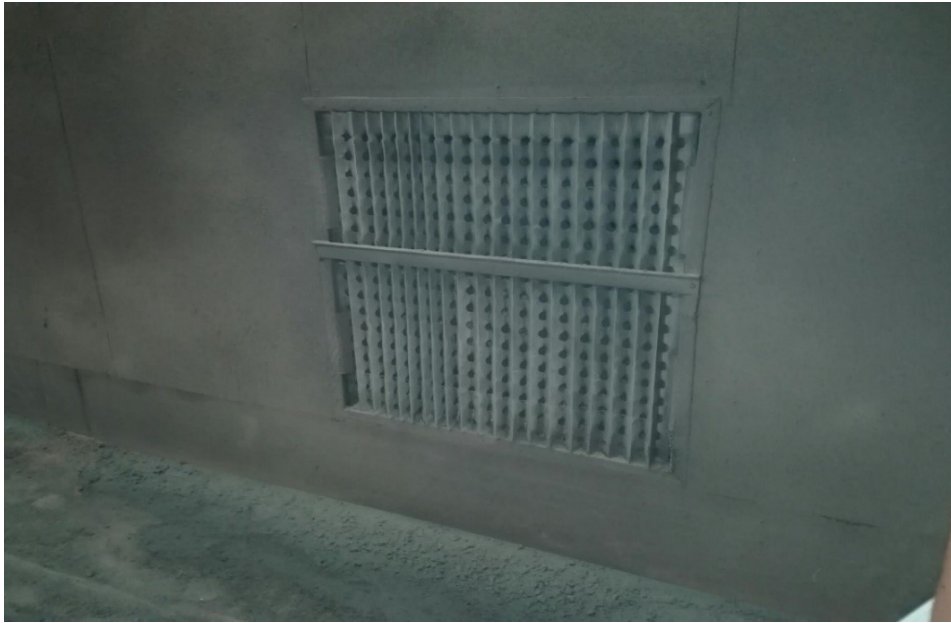
5.4 Hallit 11 (maalaamo) ja 12 (valmistavaran varasto)

Maalaamokammioissa tehdään esikäsitteiltyjen terästen pintakäsittelyjä maalamalla ja hiekkapuhaltamalla. Yleensä maalataan kaksi erää päivässä ja maalauksen kulku on seuraavanlainen: ensimmäisen erän valmistelu, maalaus, kuivaus ja tyhjennys. Valmistelussa laitetaan maalaamokammion ilmastointi päälle ja maalaaminen voidaan aloittaa, kun maalaamokammion kosteus on riittävän alhainen. Maalaus ja kuivattaminen molemmat kestävät noin 1,5 tuntia. Tämän jälkeen maalaamokammio tyhjenetään ja toinen erä valmistellaan maalaamoa varten. Maalaamon kammioon puhalt-

letaan maalauksen aikana tuloilmakanavia pitkin ilmaa noin 24 000 m³/h, joka lämmitetään noin 18 C° ja se poistuu maalaamosta ilmanvaihdon poistokanavia pitkin suoraan pihalle, (ks. kuvat 6 ja 7). Huipputehontarve per maalausammio on noin 115 kW. Maalaamon puhaltimen säädin toimii myös huonosti: se puhaltaa välillä todella kylmää ja välillä todella kuumaa ilmaa. Maalaamon lämminilmapuhaltimet toimivat kaasupolttimilla. Maalamojen kellokytkimen käyttötarkoitus on epäselvä, ei tiedetä, onko se polttimelle vai puhaltimelle. Maalaamossa on kolme maalausammiota ja jokainen ammioista on remontin tarpeessa. Ensimmäisellä tarkastuskäynnillä kohdessa tuli esille uuden maalaamohankkeen lisäksi sinkopuhallusprosessin remontointi.



Kuvio 6. Maalaamon tuloilmakanavat



Kuvio 7. Maalaamon poistoilmakanava

5.5 Hallit 14 (ilmanvaihto) ja 13 (työstökoneet)

Hallissa 14 sijaitsi ilmanvaihtokone ja terästen työstökoneita kuten esimerkiksi FICEPIN Tipo B 251 kuviosaha, levyleikkuri ja teräksen katkaisulaite. Nämä prosessilaitteet olivat melko uusia ja hyväkuntoisia. Ilmanvaihtokoneen käyntiä voisi pyrkiä säätelemään tarpeen mukaan tehokkaammaksi, esimerkiksi silloin kun tuotantotiloissa on paljon ihmisiä eli työpäivän aikana, ja yöllä se voisi toimia pienemmällä teholla. Näiden hallien kunnossa tai toiminnassa ei havaittu huomautettavaa. Nykyisellä hallien ilmanvaihtojärjestelmällä saadaan hyvin poistettua hitsaamossa ja työstökoneilla syntyvät käryt ja ilman epäpuhtaudet. Ilmanvaihtokoneen suodattimet oli huollettu määräajoin.

5.6 Kunnallistekniset liittymät

Vesi tulee kaupungin vesijohtoverkostoa pitkin ja jätevedet johdetaan kaupungin viemäriverkostoon. Sähkö tulee paikalliselta voimalaitokselta ja maakaasu tulee Gasumin maakaasuputkiverkostoa pitkin venäjältä.

Sähköpääkeskukset:

SPK1: Jännite (Un) 400 V ja sähkövirta (In) 400 A

SPK2: Jännite (Un) 400 V ja sähkövirta (In) 125 A

5.7 Käyttö, huolto ja kunnossapito

Katselmuskohteen kunnossapitokustannukset ovat vuosittain noin 100 000 €. Vanhat laitteet tarvitsevat enemmän ja useammin huoltoa, minkä takia tuotanto hidastuu välillä. Pienemmät huollot kuten siivoukset ja yleiset pienet laitekohtaiset huollot hoidetaan katselmuskohteen omalla miehityksellä ja suuremmat huollot on ulkoistettu.

Käyntiajat: Tuotantoa yleensä vain päivävuorossa 6-16, mutta joskus menee myöhempäänkin, esimerkiksi ilta yhdeksään asti tilanteen mukaan, 5 päivänä viikossa. Opinnäytetyöhön tulevien tarkasteltavien rakennusten määrä 7.

6 Talotekniikka ja rakenteet

Tässä luvussa käydään läpi katselmuskohteen talotekniikan järjestelmät kuten ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmät. Talotekniikan järjestelmille ja rakenteille esitetään mahdolliset korjaustoimenpiteet.

6.1 Ikkunat, ovet ja seinät

Ikkunoiden, seinien tai ovien lämmönläpäisykertoimista ei löytynyt tarkempaa tietoa, joten ne jouduttiin päättelemään asennusvuosien perusteella ja käyttämään taulukkoarvoja.

Lämmönläpäisykertoiminen taulukkoarvot teollisuushallien rakenteiden osalta ovat

- Ikkunat 2,8 W/m²K
- Ovet 2,2 W/m²K
- Seinät 0,81 W/m²K

Taulukkoarvot katsottiin ympäristöministeriön asetuksesta, joka koskee rakennuksien energiatodistuksia. (A 1048/2017.) Rakennuksia lämmitettäessä tapahtuu myös johtumishäviöitä rakenteiden kuten ovien, seinien ja ikkunoiden läpi. (Davies 2005, 115.) Ikkunat ja ovet olisi hyvä vaihtaa uudempiin, jolloin voidaan parantaa hieman kohteen lämmöneristystä, myös hallien seinät olisi hyvä eristää paremmin mahdollisuuksien mukaan.

6.2 Tilojen- ja lämpimän käyttöveden järjestelmät

Halleja lämmitetään kaasupolttimilla toimivilla lämminilmapuhaltimilla. Suurin osa 6. hallin puhaltimista toimii huonosti tai ei toimi ollenkaan. Combatin lämmittimet polttavat niihin tulevaa kaasua, josta syntyy lämpöä, jota lämminilma puhaltimet säteilevät halleihin. Katselmuskohteessa on tavoitteena siirtyä pois maakaasun käytöstä, mahdollisesti maalämpöön. Lämmitysjärjestelmän lämminilmapuhaltimien tekniset tiedot (ks. taulukko 1) ja hallien lämpötilat talvella (ks. taulukko 2).

Katselmuskohteessa on yksi lämminvesivaraaja, jonka tilavuus on 1400 l ja varaajan kierukan teho 45 kW. Varaajaan tulevien putkien, toimintalaitteiden ja luukkujen tiivisteet tulee tarkistaa säännöllisin väliajoin.

Taulukko 1. Lämminilmapuhaltimet

Kaasupolttimilla toimivat lämminilmapuhaltimet		
Kaasun paine	min	max
	20	100 mbar
Tehot	60	160 kW
	80	270
	71	160 kW
Öljyn laatu		4 mm ² /s
Öljyn kulutus		6-14 kg/h
Öljyn lämpötila		20 °C

Taulukko 2. Hallien lämpötilat talvella

Hallien lämpötilat talvella	
	°C
Hallit 4-5.	+10 / +15
Halli 6.	+10 / +15
Halli 10.	Kylmä
Halli 11.	+15 / +20
Halli 12.	-2 / +13
Halli 13.	+15 / +20
Halli 14.	+15 / +20

6.3 Lämmönjako ja lämmöntuottolaitteet

Lämmönjako halleissa tapahtui Combatin lämminilmapuhaltimilla, jotka toimivat Oilonin kaasupolttimilla. Tällä hetkellä hallissa 12 toimii vain 2-3 lämminilmapuhallinta. Hallissa 12 kuivataan ja varastoidaan maalaamolta tulevat teräkset. Hallissa 6 ei toimi tällä hetkellä yksikään lämminilmapuhaltimista, koska kaasupolttimien sytykkeiden pihhat ovat hapertuneet. Suositellaan investoimista uuteen lämmitysjärjestelmään. Päivittämällä nykyinen lämmitysjärjestelmä maalämpöjärjestelmään olisi mahdollista saavuttaa keskimäärin noin 60 % säästöt. Kuviossa 8 on esikäsittelyhallin lämminilmapuhallin.



Kuvio 8. Hallin 6 lämminilmapuhallin

6.4 Putkistot, eristykset, vesi- ja viemärijärjestelmät

Kohteessa kulkee ilmanvaihtoputket, maakaasuputket ja paineilmaverkoston putket seinillä ja katonrajassa. Lämpimän käyttöveden putket oli eristetty. Putkistoissa ja eristyksissä ei huomattu tarkastuskäynneillä mitään poikkeavaa tai huomautettavaa. Vesi tulee kaupungin vesijohtoverkosta pitkin tehtaalle ja jätevedet johdetaan viemäriverkostoon. Vuoden 2018 veden kulutus oli 696 m³. Lämpimän käyttöveden kulutus kohteessa on vähäistä, sillä missään prosessissa ei kulu vettä. Vettä kulutetaan oikeastaan vain henkilökunnan sosiaalituloissa. Pumppuja vain katselmukskohteen vesijohtoverkostossa.

6.5 Ilmanvaihtojärjestelmät ja Ilmanvaihtokoneet sekä jäähdytys

Hallissa 14 sijaitsee ilmanvaihtokone, joka huolehtii suurimmasta osasta hallien ilmanvaihtoa. Hallin 14 ilmanvaihtokoneessa on taajuusmuuntajat ja Oumanin automaattikka. Ilmanvaihtokanaviston suodattimet tulee puhdistaa määräajoin.

Maalaamossa sijaitsevat ilmanvaihtokoneet ja niiden tuloilma lämmitettiin kaasupolttimilla. Maalaamon ilmanvaihto on tarkoitus varustaa lämmöntalteenotolla, siten kun maalaamon tehdään saneeraushanketta. Tuloilman lämmitys tehdään uudessa maalaamossa sähköllä ja/tai vedellä. Maalaamon ja hitsaamon ilmanvaihtokanavat voitaisiin varustaa mahdollisuuksien mukaan sähkösuodattimilla, jotta talteen otettava ilma saataisiin tarpeeksi puhtaaksi ja sitä voitaisiin hyödyntää muiden hallien lämmityksessä.

Toimisto-osan laajennuksessa oli koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto sekä jäähdytys. Vanhalla toimisto-osalla on oma ilmanvaihtojärjestelmänsä, myös siinä on jäähdytys ja jäähdyttimen kompressori sijaitsee katolla, kompressorin lisäksi 6 hallin katolla on kaksi huippuimuria.

6.6 Valaistus

Ulkopuolen valaistus oli vaihdettu LED-valaistukseen. Hallien sisäpuolen valaistuksesta ei ollut täyttä varmuutta, mutta luultavasti nykyinen valaistus on loistelamppuilla, tai putkilla. Vaihtamalla sisäpuolen valaistus LED-valaistukseen pystytään säästämään hieman kiinteistösähkön kulutuksissa.

7 Sähkö- ja lämpöenergian sekä veden kulutus

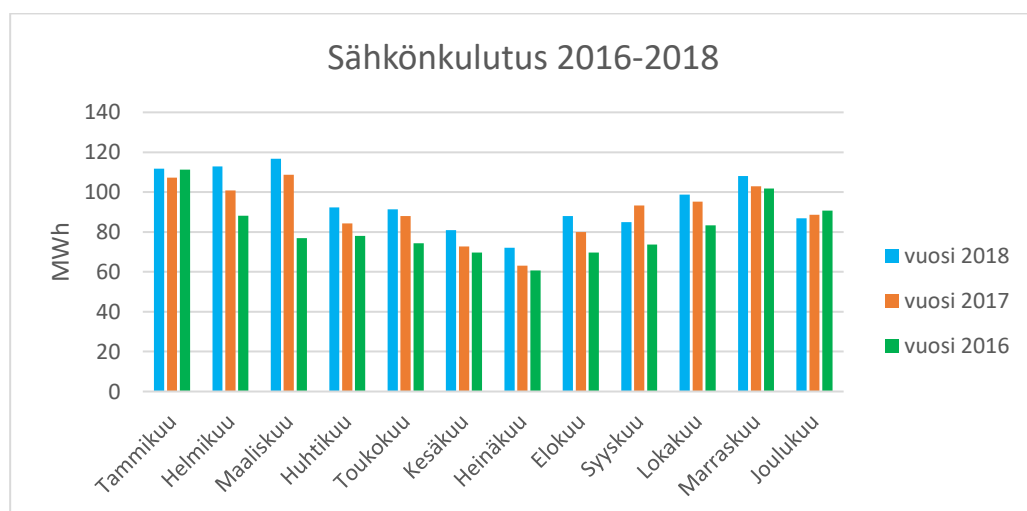
Maakaasua kohteessa kulutetaan hallien lämmitykseen sekä joidenkin prosessien laitteisiin kuten esimerkiksi singon esilämmittimiin ja maalaamon puhaltimiin. Sähköä kuluu prosessilaitteisiin, moottoreihin, valaistukseen, nostureihin ja muihin lukuisiin pienlaitteisiin kuten esimerkiksi putkilaserin automaatiikkaan. Vettä kohteessa kulutetaan enimmäkseen sosiaali-tiloissa. Talvella hallien lämmittämiseen ja sinkopuhallukseen menevien jäätyneiden terästen esilämmittämiseen sekä maalaamoiden kamma-

reihin puhalletun ilman lämmittämiseen kuivauksen aikana kulutetaan paljon lämpöenergiaa. Kaikkien käytössä olevien kiinteistöjen pinta-alat ja tilavuudet ovat taulukossa 3. Energia-analyysissä tarkasteltavien kiinteistöjen pinta-ala oli yhteensä 9444 m² ja tilavuus 71 595 m³, tarkasteltavien kiinteistöjen lukumäärä rajattiin seitsemään. Konepajan puolella sähkön vuosikulutus on ollut 1145 MWh, kaasun 2229 MWh ja veden 696 m³. Julkisivurakenne tehtaalla kulutetaan vain sähköä ja paineilmaa, julkisivurakenne tehtaan puolella sähköä kului 587 MWh vuonna 2018. Kulutuksien tarkasteluvuodeksi valittiin vuosi 2018, koska tältä vuodelta löytyy sähkön tuntikulutus tiedot.

Taulukko 3. Katselmukskohteen kokonaiskulutukset vuodelta 2018

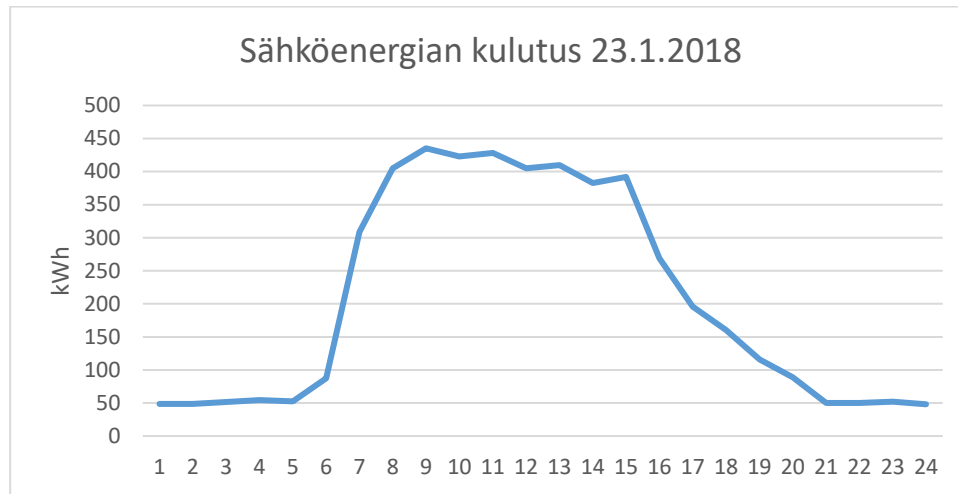
Kulutustiedot 2018 (konepaja ja julkisivu-tehdashallit)		
Sähkön vuosikulutus	1731,5	MWh
Maakaasun vuosikulutus	2229,17	MWh
Veden vuosikulutus	696	m ³
Kiinteistöjen määrä, kaikki käytössä olevat	22	kpl
Rakennusten yhteenlaskettu tilavuus m ³	185329	m ³
Lämmitetty osuus m ³	168099	m ³
Rakennuspinta-ala brm ²	22554	m ²

7.1 Sähkön ja maakaasun energiankulutukset 2016-2018



Kuvio 9. Sähkönkulutus 2016-2018

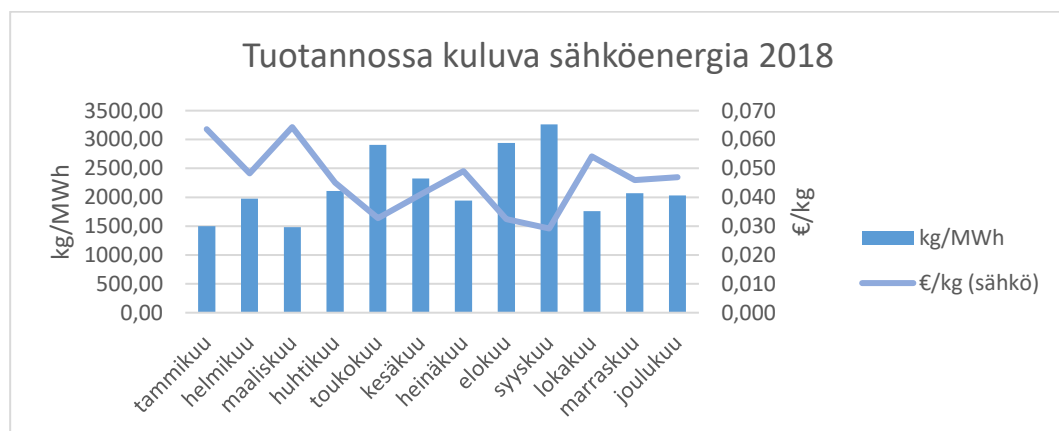
Kuviosta 9 nähdään katselmukskohteen sähkönkulutus kuukausittain vuosina 2016-2018. Sähköä on kulunut melko tasaisesti ympäri vuoden, mutta sitä kulutetaan huomattavasti vähemmän, kuin kaasua talviaikaan. Teräsrakenteiden tuotannon sähköenergian kulutuksen kustannukset olivat noin 108 960 € vuonna 2018.



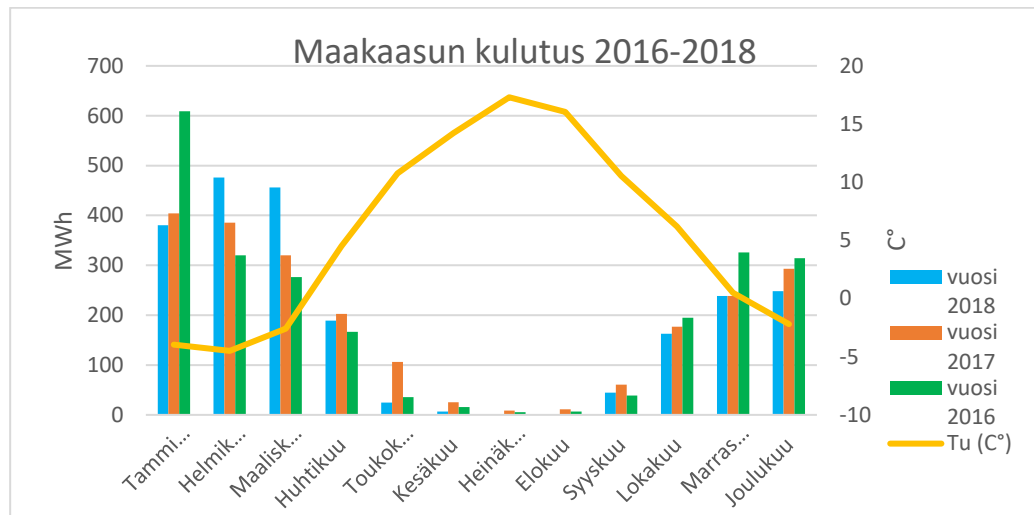
Kuvio 10. Sähköenergiankulutus 23.1.2019

Kuviosta 10 nähdään erään tuotantovuorokauden sähkönkulutuskäyrä. Sähkön kulutus on melko tasaista ympäri vuoden. Kesäpäivänä sähkönkulutus on ollut korkeimmillaan noin 300 kWh.

Kuviosta 11 nähdään, kuinka paljon teräsrakenteita on tuotettu kuukausittain kulutetulla sähköenergialla sekä viivadiagrammista nähdään tuotantoon kuluvan sähköenergian kustannukset.

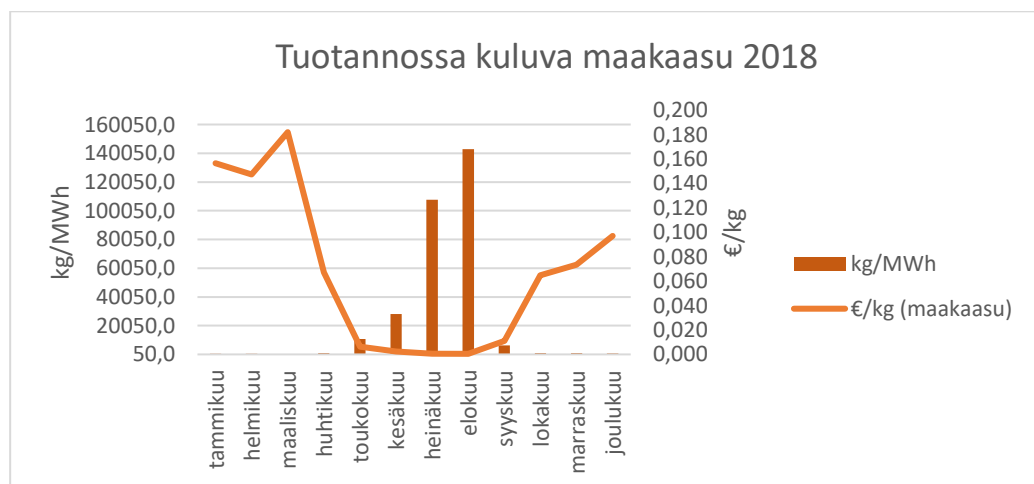


Kuvio 11. Tuotannossa kuluva sähköenergia 2018



Kuvio 12. Maakaasun kulutus 2016-2018

Kuviosta 12 huomataan että maakaasun kulutus on vähäisempää aina kesäisin, koska silloin myös lämmitystehon tarve on vähäisempää. Ulkolämpötilana on käytetty säävyöhykkeen 2 ulkoilman keskilämpötilaa. Vuoden 2018 maakaasun kulutuksen kustannukset olivat noin 153 800 €.



Kuvio 13. Tuotannossa kuluva maakaasu 2018

Kuviosta 13 nähdään, kuinka kesäaikaan tuotanto saadaan tehtyä lähes kokonaan ilman maakaasun kulutusta ja talvella maakaasun tarve tuotannossa on huomattavasti suurempi. Tavoitteena on saada kasvatettua tuotannon määrää kulutettua energiaa kohden talvisin.

7.2 Energiansäästöpotentiaalit

Tyypillisiä energiansäästöpotentiaaleja, joita energiakatselmuksissa yleensä havaitaan ovat hukkalämpöjen hyödyntäminen, energiankäytön järkevöittäminen ja tehostaminen, valaistuksen uusiminen, järjestelmien ja prosessien säätäminen sekä yksilön toiminnanohjaaminen. Lisäksi siirtymällä fossiilisen polttoaineen käytöstä uusiutuviin energiamuotoihin pystyttäisiin pienentämään kasvihuonepäästöjä.

Katselmuskohteen suurimpia energiansäästöpotentiaaleja ovat hitsaamoissa ja maalaamoissa syntyvät hukkalämmöt, jotka menevät katolla sijaitsevien huippuimureiden kautta suoraan taivaalle. Tätä ilmanvaihtokanavia pitkin poistuvaa lämpöä pystyttäisiin lämmöntalteenoton keruupiirin avulla käyttämään uudelleen, esimerkiksi tehdusrakennuksen lämmityksessä, tuotantoprosessissa tai vaikkapa terästen esilämmityksessä. (Kiuru 2017). Myös uuteen rullaratasinkoon ja maalaamoiden sekä lämmitysjärjestelmän remontointiin investoimalla voidaan saavuttaa suuria energiankulutus säästöjä. Uuden rullaratasingon turbiinipuhaltimien tehontarve on pienempi, kuin tällä hetkellä kohteessa olevan singon.

7.3 Mahdolliset LVIS- korjaustoimet

Katselmuskohteen teknisessä tilassa sijaitseva maakaasukattila on tavoitteena vaihtaa maalämpöpumppuun. Kohteen toimiston tilojen- ja veden lämmitys on tarkoitus vaihtaa ensimmäisenä maakaasusta maalämpöön, tämän jälkeen katselmuskohteen muiden hallien lämmitys vaihdetaan maalämpöön.

7.4 Yhteenveto ehdotetuista säästötoimenpiteistä ja energiataloudesta

Tässä luvussa käydään läpi toimenpiteitä, joita katselmuskohteessa voitaisiin mahdollisesti suorittaa, jotta energiatehokkuutta ja yrityksen toimintaa pystyttäisiin kehittämään. Tarkemmat laskelmat näillä toimenpiteillä saavutettavista säästöistä ja arvioita investointien aiheuttamista kuluista esitetään myöhemmin kappaleessa 9.

7.4.1 Hukkalämpöjen hyödyntäminen

Hitsaamoissa ja maalamoissa syntyvää hukkalämpöä voitaisiin mahdollisesti käyttää hyödyksi hallien lämmityksessä, esimerkiksi jonkinlaisella poistoilmajärjestelmän lämmöntalteenotolla kuten poistoilmalämpöpumpulla tai lämmönsiirtimellä. Ilmanvaihdon kautta lämpöä poistuu rakennuksesta n. 27 - 36 %. Ohjaamalla hitsaamoista ja maalaamoista tuleva hukkalämpö sähkösuodattimien kautta halleihin 6,14,13 ja myös takaisin hitsaamoon, pystyttäisiin pienentämään ostoenergian kulutusta. Poistoilman virtaama ja ilmanvaihdon ilmamäärät olisi hyvä mitata, jotta lämmöntalteenottojärjestelmän keruuputkisto pystytään mitoittamaan optimaalisesti toimivaksi. Toimivalla lämmöntalteenottojärjestelmällä pystytään pienentämään ostoenergian kulutusta noin 30 - 40 %. Kohteessa hyödynnetään sinkopuhaltimessa syntyvää hukkalämpöä, talvisin se ohjataan 6. halliin.

7.4.2 Teräsvaraston lämmöneristävyden parantaminen

Teräsvaraston eli 10 hallin rakenteiden lämmöneristävyttä voitaisiin myös mahdollisesti pyrkiä parantaa, koska hyvällä lämmöneristyksellä ja vähentämällä kylmäsil-loista aiheutuvia lämpöhäviöitä, voidaan vähentää lämmitysenergian tarvetta. Myös poistoilmapuhaltimien lisäämistä voitaisiin harkita, jotta ilma vaihtuisi keväisin paremmin ja jäisten terästen lämmitessä vettä ei pääsisi kondensoitumaan hallin kattoon niin paljon, että se sataisi alas vetenä. Näiden toimenpiteiden avulla tämän hallin työskentely viihtyvyyttä olisi mahdollisuus parantaa.

Puolittamalla hallien vuotoilmavirtaa pystytään pienentämään ostetun lämpöenergian määrää jopa 15 %, jolloin säästö vuodessa on noin 6000 €. (Energiatehokas teollisuuskiinteistö n.d). Katselmuskohteessa ostetun lämpöenergian säästö olisi noin 334 MWh ja kun lämmitykseen käytetyn maakaasun hinta on 69 €/MWh, niin voitaisiin lämmitysenergiasta aiheutuvissa kuluissa säästämään jopa 23 105 €/a puolittamalla hallien vuotoilmaa.

Terästen varastoinnin ongelmaa 10 hallissa voitaisiin pyrkiä kehittämään paremmalla ilmanvaihdoilla sekä investoimalla tiiviimpään ja automaattisesti toimivaan rullaoveen, esimerkiksi pikalaskosoveen, joka soveltuu hyvin suuriin oviaukkoihin, joissa

on paljon läpikulkuliikennettä. Tämän hetkinen ovi 10 hallissa on vetämällä suljettava ja se ei suojaa tilaa yhtään ulkoilmalta.

7.4.3 Uuteen maalaamoon ja rullaratasinkoon investoiminen

Uudemman teknologian avulla, esimerkiksi investoimalla uuteen sinkoon ja remontoimalla maalaamokammiot sekä paremmalla ilmanvaihdolla ja lämmöntalteenotolla voitaisiin lyhentää tuotannon läpimenoaika, jolloin myös ulosmyytävä tuote voidaan myydä halvemmalla.

Uuden maalaamon lämmitys tehdään mahdollisesti sähköllä ja/tai vedellä, ilmanvaihtokoneen lämmönvaihtimella. Uuden maalaamon myötä hallissa 12 ei tarvitse enää kuivata maalattuja kappaleita, ja takuukorjauksia saadaan vähennettyä. Nykyisen maalaamon puhdistus tapahtuu noin 2 kk välein, mutta uudessa maalaamossa sitä ei tarvitse tehdä rutilälattian ansiosta, koska puhallushiekka menee rutilälattiassa olevista aukoista maalaamokammion pohjalle, josta se saadaan helposti kierrätykseen. Käyttökelpoiset rakeet menevät erottimeen, jossa rae puhdistuu ja varastoituu siiloon tai valuu takaisin puhallustankkiin. Rakeissa oleva pöly menee suodattimiin ja sieltä jäteastioihin. Puhallustyöhön tarvitaan mahdollisesti uusi kompressori, jonka lämpö voidaan ottaa talteen ja käyttää lämmitykseen. (Kinnunen 2019).

Uuden rullaratasingon jatkuvakiertoisen teräshiekan kierrätysjärjestelmän sekä tehokkaiden kulutuskestomateriaaleilla varustetuiden uuden teknologian smart-suurtehosinkoturbiinien avulla pystyttäisiin parantamaan katselmuskohteen kustannustehokkuutta. (Pintakäsittely sinkopuhdistus. N.d). Sinkopyörien taajuusmuuttajaohjaukset, taajuusmuuttajan avulla säädetään oikosulkumoottorin pyörimisnopeutta prosessin tarpeen mukaan, jolloin saavutetaan huomattavia säästöjä. Standardilaitteet ovat varustettu plc-kosketusnäyttöohjauksella, automaatti- tai käsiajolla, ajastimella sekä automaattisella sinkouksen käynnistyksellä. Uusiin rullaratasinkoihin on myös mahdollista liittää maalauslinja ja automaattinen esilämmitys. (Pintakäsittely sinkopuhdistus. N.d).

7.4.4 Kiinteistöautomaation hyödyntäminen

Kaikki järjestelmät menevät pois päältä illalla, jolloin laitteiden sekä tuotantotilojen lämpötilat laskevat talvella liikaa, noin +5 C° asteeseen, josta ne taas seuraavana aamuna nostetaan takaisin. Tilojen lämpötilat nostetaan noin 18-21 C° ja laitteiden lämpötilat noin 30 C°. Tähän kuluu paljon tehoa ja aikaa, esimerkiksi laseri ei toimi, ennen kuin sen lämpötila on +18 C°. Hallien lämmitystä ja ilmanvaihtoa voitaisiin säätää niin, että lämpötilat laskisivat alimmillaan yön aikana korkeintaan 10-15 C°, näin tuotanto saataisiin nopeammin käyntiin ja koneiden rasitusta voitaisiin vähentää. Tätä ongelmaa voitaisiin, koittaa lähestyä, esimerkiksi jonkinlaisen kiinteistöautomaation avulla, esimerkiksi säätämällä talotekniset järjestelmät kuten ilmastointi ja lämmitys sammumaan tai lähtemään käyntiin tiettyyn aikaan yöstä, esimerkiksi kaksi tuntia ennen vuoron alkua. Kiinteistöautomaation hankkiminen tapahtuu vasta sitten, kun katselmuskohteessa on saatu suuremmat remontit ja laitehankinnat tehtyä ja asennettua, jolloin niiden ohjaaminen ja seuranta helpottuu huomattavasti.

7.4.5 Pienemmät toimenpiteet energiatehokkuden kehittämiseksi

Vaikka vedenkulutus kohteessa onkin pientä, voitaisiin silti vedenkulutuksessa säästää vielä lisää pienentämällä vesihanojen virtaamia vaihtamalla vesihanojen suuttimet vakiovirtaussuuttimiksi.

Kohteeseen voitaisiin myös mahdollisuuksien mukaan suorittaa sähköenergianmittauksia sekä lisätä automatiikkaa tai tehdä laitehankintoja, joiden avulla voitaisiin vaikuttaa huipputehoon ja energiankulutukseen.

Sähkösuodattimien lisääminen ilmanvaihtojärjestelmään, jotta saadaan hitsaamosta talteen otettava ilma ja hukkalämpö tarpeeksi puhtaaksi, jotta sitä voidaan käyttää uudestaan tilojen lämmittämiseen.

Puhaltimien ohjaus EC-moottoreilla, eli elektronisesti ohjatuilla moottoreilla. EC-moottorin etuina on sen energiatehokkuus ja luotettava toiminta vähäisellä kunnossapidolla sekä alhainen äänitaso. EC-moottoreiden avulla voidaan tehdä pehmökäynnistyksiä ja niiden nopeutta voidaan säätää, esimerkiksi tarvittavan ilmamäärän mukaan. (Puhaltimet EC-moottorilla 2015.)

Paineilmajärjestelmän vuotojen kartoitus ja korjaaminen sekä paineilman tuoton tarpeenmukaistaminen, esimerkiksi jonkinlaisella paineilmantuotannon hallintajärjestelmällä. Hallintajärjestelmän avulla pystyttäisiin vähentämään sähköenergian kulutusta sekä pienentämään hiilidioksidipäästöjä. 3. Tarkastuskäynnillä ilmeni, että huoltopäällikkö oli löytänyt paineilmajärjestelmästä vuodon ja paikannut sen. Katselmukskohteeseen voisi hankkia kaksi, tai kolme pienempää kompressoria. Yhden kattamaan päivän paineilman tarpeen ja toisen kompressorin pienemmälle paineilmantarpeelle illalla ja yöllä.

7.4.6 Uusi lämmitysjärjestelmä

Kohteeseen on suunnitteilla uusi lämmitysjärjestelmä, ja tavoitteena on, että se toimisi jollain muulla kuin fossiilisella polttoaineella, esimerkiksi maalämmöllä ja/tai ilmalämpöpumpuilla. Maalämpökeräinjärjestelmän pumput lisäävät hieman kohteen sähkönkulutusta, mutta se olisi silti edullisempaa ja ympäristöystävällisempää kuin maakaasun käyttö lämmityksessä. Lisäksi maalämmöllä lämmittäminen olisi huomattavasti tehokkaampaa, kuin maakaasulla toimivilla lämminilmapuhaltimilla. Katselmukskohteen toimisto-osalle mitoitetaan oma maalämpöpumppu yksikkönsä ja isompi maalämpöjärjestelmä, jolla lämmitetään tehdashallit, voitaisiin mahdollisesti integroida maalaamon laajennukseen.

7.4.7 Aurinkosähköjärjestelmä

Myös mahdollisesti aurinkopaneeleita voisi asentaa kohteeseen, koska katoilla on paljon pinta-alaa, jonka pystyisi käyttämään hyödyksi. Aurinkopaneelijärjestelmällä pystyttäisiin pienentämään kesäajan sähköenergian kulutuksia. Näillä toimenpiteillä pystytään säästämään paljon lämmitys- ja sähköenergiankulutuksissa sekä pienentämään kohteessa syntyviä päästöjä.

Kuten kappaleessa 3.4 tuli jo esille, yritys voi myös saada energiatuki rahoituksen, jos kohteessa kehitetään uusiutuvan energian käytön tehostamista.

8 Tehdaspalvelujärjestelmien ja talotekniikan peruskartoitus

Tehdaspalvelujärjestelmiin kuuluvat kaikki katselmuskohteen energiaa, höyryä, polttoaineita ja vettä kuluttavat järjestelmät, näiden lisäksi käydään läpi kohteen talotekniset ominaisuudet. Jos jossain järjestelmässä kuten esimerkiksi prosessisähköjärjestelmässä huomattaisiin jotain parannusehdotuksia, niin mainitaan ne lyhyesti heti järjestelmän kuvailun jälkeen.

8.1 Vesilämmitysjärjestelmät ja kaasunjakelujärjestelmät

Kohteessa on Akvatermin lämminvesivaraaja, jonka tilavuus 1400 litraa ja maksimi lämpötila 120 °C. Vesilämmitysjärjestelmässä ei ole kehitettävää energiatehokkuuden osalta. Kaikki käyttövesi lämmitetään lämminvesivaraajassa.

Kaasua kohteessa kuluu paljon, koska esimerkiksi tuotantohallien ja maalaamon tuoilman lämmitys tehdään lämminilmapuhaltimilla, jotka toimivat kaasupolttimilla. Halleissa, joissa käytetään kaasua kiertää keltaiset maakaasuputket. Maakaasu tulee katselmuskohteeseen maakaasuputkiverkostoa pitkin Venäjältä.

8.2 Paineilmajärjestelmät

Katselmuskohteessa kaksi kompressoria. Paineilma tuotetaan ruuvikompressorilla ja varalla on mäntäkompressori, jos ruuvikompressorille tapahtuu jotain. Paineilmajärjestelmän moottorin teho ja arvioitu käyntiaika sekä energiankulutus on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Paineilmajärjestelmän peruskartoitus

Paineilmajärjestelmän peruskartoitus	
Kompressorin moottorin teho	45 kW
Arvioitu kompressorin käyntiaika vuodessa	3000 h/a
Energiankulutus/ a	13 500 kWh 135 MWh

Kompressorin sijaitsee julkisivurakenteen tehdashallissa. Kompressorin moottorin nimellisteho on 45 kW ja maksimipaine 11 bar. Paineilman kulutusta oli mitattu katselmuskohteessa noin 9 päivän ajan syyskuussa. Mittausten perusteella huomattiin, että noin kello 12 paineilman tarve on ollut suurinta. Paineilmaa oli käytetty silloin 6 m³/min ja tehontarve oli silloin noin 40 kW sekä paine on ollut noin 8 baaria.

Suosittelaa paineilmajärjestelmän tarkistamista mahdollisten vuotojen löytämiseksi. Pienetkin vuodot paineilmajärjestelmässä saattavat aiheuttaa monen tuhannen euron vuosikustannuksia. (Kiuru 2017.) Paineilmajärjestelmän painetasoa voidaan mahdollisesti laskea, etenkin silloin kun käyttö on vähäisempää kuten viikonloppuisin ja lomien aikaan.

9 Prosessilaitteiden peruskartoitus

Prosessilaitteiden peruskartoituksessa käydään läpi kaikki katselmuskohteen prosessilaitteet ja niiden sähköä, lämpöä ja vettä kuluttavat laitteet kuten esimerkiksi moottorit, puhaltimet ja automaatiolaitteet.

9.1 Sinkopuhallus ja teräsrunkojen valmistus

Singon turbiinien teho on yhteensä 111 kW. Sinkopuhallus prosessissa syntyy myös jonkin verran lämpöä talvella, koska talvella jäätyneitä teräksiä joudutaan lämmittämään singossa olevilla esilämmittimillä, jotka toimivat kaasupolttimilla.

Teräsrunkojen valmistuksessa tehdään tarvittavat leikkaukset ja reiät runkoihin sekä liitännät hitsaamalla. FICEP B251 kuviosahalla pystytään leikkaamaan levymäisiä teräksiä halutun muotoisiksi sekä tekemään tarvittavat poraukset. Kuviosahan moottorien teho yhteensä 11 kW.

9.2 Putkilaser (Lasertube LT24) ja levyleikkuri

Laserilla pystytään leikkaamaan kappaleet 3D-mallinnuksen mukaiseen muotoon. Leikkattavien osien ja niiden piirustuksien tiedostot voidaan viedä muista CAD-ohjelmista, tai piirtää suoraan putkilaserin tietokoneelle. Laserilla leikkauksen etuna on sen erinomainen leikkaustarkkuus ja materiaalihävikin väheneminen. Kuviossa 14 putkilaserilla teräksiin tehdyt leikkaukset. (LT14/LT24 n.d.)

Levyleikkurilla yksinkertaisesti leikataan teräslevyt sopivan kokoisiksi. Levyleikkurin moottorin teho 45 kW.



Kuvio 14. Laserilla sinkopuhallettuihin teräksiin tehdyt reiät

9.3 Nosturit

Katselmuskohteessa käytetään paljon nostureita, joiden moottoreista muodostuu oma energiankulutuksensa. Siltanostureita käytössä yhteensä 11 kpl. Jokaisessa nosturissa on molemmin puolin moottorit. Nostureiden moottorien tehot vaihtelevat 0,45-2 kW, jos käytetään moottoreiden tehojen keskiarvoa 1,225 kW, niin moottorien tehot ovat yhteensä noin 27 kW. Nosturien toiminnassa ei havaittu ongelmia.

9.4 Pintakäsittely maalaamossa

Tämänhetkisessä maalaamossa on kolme kammiota ja maalivarasto. Yhden maalaamokammion tuloilma lämmitetään kaasupolttimella, jonka teho on 265,8 kW. Paineilman kulutus maalaamon hiekkapuhalluksessa 15 Nm³/min.

Vesipatterin maksimi lämmitysteho 120 kW: tuloilman lämmittämiseen tarvittava teho, per maalausammio n. 115 kW, ilmanvaihdon vesikiertopiirin veden lämpötila (T = 80/60 C°), vesikiertopiiri lämmittää maalaamokammioihin tulevaa tuloilmaa, riippuen kuivatettavan teräksen pinta-alasta. Kuivauksessa tarvittavan tuloilman ilmavirta on noin 1m³/s. Kuivauksessa tarvittavan ilmavirran määrä on pienempi, kuin maalausvaiheessa tarvittava ilmamäärä, joka on noin 6,7 m³/s.

Sähkötehotarve: Tuloilmapuhaltimien teho 29,2 kW ja raepuhallus moottorin teho 30 kW.

9.5 Valmistavaran varastointi

Hallissa 12, eli valmistavaran varastossa kuivataan vielä maalattuja teräksiä lämminilmapuhaltimilla, jotka sijaitsevat katon rajassa, melko kaukana kuivatettavasta teräksestä. Varastossa vain kaksi yhdeksästä lämmittimestä toimii. Lämmittimet olisi hyvä kohdistaa paremmin kuivattavien terästen päälle sopivalle korkeudelle, tai mahdollisesti jonkinlaisella lämpimällä oviverhopuhaltimella ja hukkalämpöä hyödyntämällä pystyttäisiin maalatut ja käsitellyt teräsrakenteet kuivattamaan.

3. Tarkastuskäynnillä selvisi, että uuden maalaamon myötä valmistavaran varastossa, eli hallissa 12 ei tarvitsisi enää kuivattaa maalia vaan se saataisiin kuivattua jo maalaamossa tarpeeksi hyvin. Liitteessä 3. on arvioitu katselmuskohteen prosessilaitteiden energiankulutuksia käyntiaikojen ja laitetietojen perusteella.

10 Toimenpiteillä saavutettavat energiansäästöt

Tässä luvussa esitetään toimenpiteillä saavutettavat säästöt ja investointien kustannukset ja takaisinmaksuajat lyhyesti selostettuna, koska nämä on käyty jo luvussa 7 läpi. Tästä luvusta on päätetty karsia yhteenvedossa esitetyt toimenpiteet, jotka on päätetty suorittaa myöhemmin tai ovat olleet toimeksiantajan mielestä toissijaisia. Kaikki toimenpide-ehdotukset esitetään energia-analyysissä Motivan ohjeistuksen mukaan.

10.1 Pienemmät toimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi

10.1.1 Paineilmajärjestelmän tarkistaminen

Paineilmajärjestelmän tarkistaminen vuotojen varalta. Paikkaamalla paineilmajärjestelmässä havaitut vuodot pystytään säästämään useita tuhansia euroja. Mikäli paineilmajärjestelmästä löytyy, esimerkiksi halkaisijaltaan 2 mm reikä aiheutuu siitä vuodessa noin 1000 euron kustannukset. Paineilmajärjestelmän tarkistaminen voidaan hoitaa katselmuskohteen omalla miehityksellä, eli toimenpide pystytään tekemään ilman investointikustannuksia.

Kompressorin vuoden energian kulutus on noin 135 400 kWh ja vuotuiset kustannukset ovat silloin noin 13 540 €, kun sähkön hinta oletetaan olevan 0,1 €/kWh. Pudottamalla kompressorin ominaistehon 10,6 kW/(m³/min) -> 5 kW/(m³/min) pystytään säästämään 40 % kompressorin aiheuttamasta energiankulutuksesta, joka on noin 54 000 kWh ja kustannussäästöt noin 5200 €. Ominais-tehoa pystytään pienentämään, esimerkiksi siten, että kohteeseen hankitaan useampi pienitehoisempi kompressor, ja ne ohjataan lähtemään päälle ja pois päältä automaattisesti paineilman tarpeen mukaan. Laitteiden ohjaus voitaisiin tehdä, esimerkiksi Kaeserin automatiikan avulla. (Analyysit ja neuvonta n.d.)

10.1.2 Rakenteiden lisäeristäminen ja uusien ovien hankinta

Katselmuskohteen lämmöneristävyttä pystytään parantamaan kohteen omilla julkisivutuotteilla. Tavoitteena on käyttää julkisivutehtaan ylijäämätuotteita. Lisäksi tarkoituksena on uusia ovet ja tiivistää rakenteissa tai ovissa olevat vuotokohdat. Taulukossa 5 on esitetty uusien ovien investoinnilla saavutettava säästö lämmityskuluissa. Koska kohteen rakenteiden lämmönläpäisykertoimista ei ollut tarkempaa tietoa, jouduttiin ovista aiheutuvat johtumishäviöt laskemaan käyttäen rakennusvuoden mukaista U-arvoa. Ympäristöministeriön asetuksen mukaan vuoden 1969 ovien lämmönläpäisykerroin on $2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja uusien ovien U-arvona käytetään arvoa $1 \text{ W/m}^2\text{K}$. (A 1048/2017.) Vaihdeettavia ovia on 6 kappaletta ja niiden pinta-ala on noin 139 m^2 . Johtumishäviöt on laskettu hyödyntäen ympäristöministeriön energiatodistusoppaasta löytyvää kaavaa.

Taulukko 5. Rakenteiden lisäeristäminen ja uusien ovien hankinta

Ovien vaihtamisella saavutettavat säästöt		
Nosto-ovet käyntiovilla	36 000	€/a
Uusilla ovilla saavutettava hyöty lämmityskuluissa	188	MWh/a
Säästö, kun kaasun hinta on 69,1 €/MWh	13 018	€/a
Takaisinmaksuaika	2,8	a

10.2 Uusi lämmitysjärjestelmä

Jos kohteessa päätetään investoida uuteen lämmitysjärjestelmään kuten maalämpöjärjestelmään, niin voidaan maakaasulla toimivista lämminilmasäteilijöistä luopua kokonaan. Maalämpöjärjestelmän pumpput aiheuttavat tietenkin omat sähkönkulutuksensa, mutta maalämpöjärjestelmä maksaisi itsensä takaisin melko nopeasti n. 10 - 15 vuodessa. Katselmuskohteessa on päätetty, että maalämpöön aletaan siirtymään pikkuhiljaa ja ensimmäisenä on tarkoitus vaihtaa toimisto-osan lämmitys kaasulämmityksestä maalämpöjärjestelmään. Toimisto-osalle mitoitettiin 52 kW:n maalämpöpumppu kaasukattilan tilalle. Maalämpöpumppujärjestelmä on mitoitettu käyttäen

Osakeyhtiö lamitin energia- ja lämpöselvityslaskuria sekä katselmuskohteesta saatuja piirustuksia. Maalämpöpumpulla aikaansaadut säästöt, investointiarvio ja takaisinmaksuaika on esitetty taulukoissa 6 ja 7.

Taulukko 6. Uuden ja nykyisen lämmitysjärjestelmän vertailu

Lämmitysjärjestelmä	Kaasun kulutus	Laitteiston sähkön kulutus	Kulutus yhteensä
Nykyinen kaasukat-tila	123 984 kWh 8 555 €	608 kWh 58 €	124 592 kWh 8 613 €
Maalämpöpumppu 52 kW	0 kWh 0 €	35 485 kWh 3 378 €	35 485 kWh 3 378 €

Taulukko 7. Arvio investoinnista ja takaisinmaksuajasta

Arvio laitteistojen investointikustannuksista (sis. Alv 0 %), tuomista säästöistä sekä takaisinmaksuajoista			
Järjestelmä	Investointiarvio [€]	Säästö 1. vuotena [€]	Takaisinmaksuaika [a]
Maalämpöpumppu 52 kW	62 903	5 235	11,0

10.3 Aurinkosähköjärjestelmä katolle

Kohteeseen voitaisiin asentaa 600 tai 700 paneelin aurinkosähköjärjestelmä katolle. Esimerkiksi 700 paneelin järjestelmällä saataisiin tuotettua energiaa noin 155 865 kWh ja säästettyä rahaa noin 14 173 € per vuosi. Järjestelmän arvioitu kokonaiskustannus on 166 320 € ja takaisinmaksuaika on noin 12 vuotta. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus on tehty lamitin testilaskurilla, jonka avulla selvitetään kuinka monta paneelia olisi järkevää asentaa kohteeseen. Katselmuskohteeseen on tilattu aurinko selvitys, eli selvitys, jossa mitataan kuinka, monella paneelilla pystytään kattamaan hyvin kesäajan sähkönkulutus sekä kuinka monta paneelia kohteen katoille mahtuu.

10.4 Uusi maalaamo

Uuden maalaamon lämmitystehon kapasiteetti 375 kW ja sähköteho 285 kW. Sähkötehontarve: Puhallinmoottorit 34 kW ja valaistus 7 kW (4 kW, jos LED). Paineilma pysyy samana, kuin vanhassa maalaamossa, eli 15 Nm³/min. Uuden maalaamon lämmöntalteenoton hyötysuhde 70 %, ja lämpöteho 115 kW. Jokaisessa maalausammiossa pyörivä lämmöntalteenottolaite. Taulukoissa 8 - 9 on esitetty nykyisen ja uuden maalaamon vertailu. Maalaamohankkeen investoinnista ja takaisinmaksuajasta on esitetty arvio taulukossa 10. Maalaamon ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve on laskettu käyttäen Ympäristöministeriön energiatodistusoppaasta löytyvää kaavaa (A 1048/2017.)

Taulukoissa esitettyjen säästöjen lisäksi täytyy ottaa huomioon myös takuukorjauksen väheneminen ja tuotannon läpimenoajan lyhentymisen uuden maalaamon ansiosta, mitkä tekevät uuteen maalaamoon investoimisesta energiankulutuksen vähentymisen lisäksi kannattavaa.

Taulukko 8. Nykyisen ja uuden maalaamon lämpöenergian kulutuksen vertailu

Nykyisen maalaamon lämpöenergian kulutus/a
211 MWh/a
14 560 €
Uuden maalaamon lämpöenergian kulutus/a
33 MWh
2293 €
Uudella maalaamolla saavutettava säästö/a
177 MWh
12 267 €

Taulukko 9. Nykyisen ja uuden maalaamon sähköenergian kulutuksen vertailu

	Nykyinen maalaamo	Uusi maalaamo
Puhaltimet (kW)	29,2	33,5
Puhaltimet taajuusmuuntaja ohjauksella (kW)	25	18,5
Raepuhallus moottori kW	30	30
Yht.	55	48,5
Käyntiaika (h/a)	2080	2080
Sähköenergian kulutus (kWh)	114400	100880

Taulukko 10. Maalaamohanke

Maalaamohanke	
Investointi	1000000 €
Säästöt	
Lämpöenergia	12267 €
Sähköenergia	2124 €
Tuotannon läpimenoaika	20000 €
Takuukorjaukset	30 000 €
Yht.	64 391 €/a
Takaisinmaksuaika	15,5 a

10.5 Uuteen rullaratasinkoon investoiminen

Uuden rullaratasinon turbiinipuhaltimet tarvitsevat huomattavasti vähemmän tehoa (11 kW), kun verrataan tällä hetkellä kohteessa olevan singon turbiineihin, joiden ottoteho on 18,5 kW. Uudella singolla esilämmitys tehdään propaanilla ja sillä on erillinen säiliö, eli maakaasua ei uudessa singossa enää tarvita. Singon käyntiajasta ei ollut saatavilla tarkkaa tietoa, mutta jos sen arvioidaan olevan noin 2100 h per vuosi, niin nykyisen singon turbiinien aiheuttama energiankulutus on 233 100 kWh ja uuden singon turbiinien kulutus olisi samalla käyntiajalla 138 600 kWh. Sähköenergian säästö 94 500 kWh/a.

Jos sähkön hinta on 0,1 €/kWh, niin kustannussäästöjä uuden singon turbiineilla saadaan aikaan 9450 €/a. Uudella singolla saadaan varmasti enemmänkin säästöjä aikaiseksi, mutta niitä on hieman vaikea arvioida ilman tarkempia tietoja uudesta singosta.

11 Yhteenveto

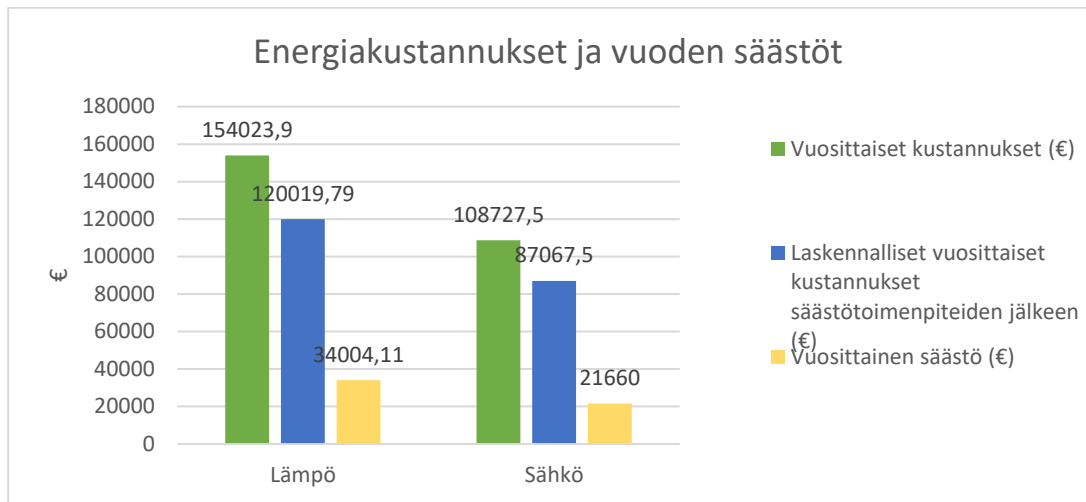
Tämän opinnäytetyön tuloksiksi saatiin alustavia toimenpiteitä, joiden avulla katselmuskohteen toimintaa pystyttäisiin kehittämään energia- ja kustannustehokkaammiksi. Tärkeimmäksi tutkittavaksi toimenpiteeksi valittiin uuden maalaamon investointi, koska siitä oli eniten konkreettista tietoa saatavilla. Maalaamosta saatujen tietojen avulla pystyttiin laskelmoimaan sekä vertailemaan nykyistä ja uutta maalaamoa, esimerkiksi uuden maalaamon vaikutusta katselmuskohteen energian kulutuk-

seen, tuotannon läpimenoaikaan ja maalausten takuukorjauksiin. Maalaamohankkeen lisäksi tärkeitä ja mahdollisia toimenpiteitä ovat maakaasusta maalämpöön siirtyminen, aurinkosähköjärjestelmään investoiminen ja paineilmajärjestelmän kehittäminen.

Tässä opinnäytetyössä esitetyt investoinnit ja niillä saavutettavat energia- ja kustannussäästöt sekä takaisinmaksuajat ovat vain suuntaa antavia arvioita ja ne saattavat vielä muuttua asiakkaan päätösten mukaan, esimerkiksi päättämällä asentaa pienempi aurinkosähköjärjestelmä katolle, tai rullaratasingon toimittajan vaihtaminen toiseen toimittajaan. Taulukossa 11 on esitetty yhteenvetoa investoinneilla saavutettavista säästöistä. Näiden säästöjen lisäksi täytyy ottaa huomioon investointien vaikutus tuotantoon ja huoltokustannuksiin, esimerkiksi huoltokustannukset saattavat tippua huomattavasti uuden maalaamon ja singon myötä. Huoltokustannukset voivat hyvinkin vähentyä, jopa 50 %, eli noin 50 000 €/a, eli näiden investointien ja niillä saavutettavien energian säästöpotentiaalien, huoltokustannusten vähenemisen sekä mahdollisen tuotannon kasvun ja läpimenoajan myötä säästöt voivat olla yhteensä ainakin noin 10 - 15 %. Energia- ja kustannussäästöjen lisäksi myös CO₂ -päästöjä pystyttäisiin opinnäytetyössä esitetyillä toimenpiteillä pienentämään noin 158 tCO₂/a. Hiilidioksidipäästöjen pienenemän laskennassa käytetty Motivan hiilidioksidipäästöjen laskentaohjeistusta. (Hippinen & Suomi 2012.)

Taulukko 11. Yhteenveto kulutuksista ja säästöistä

Nykyinen kulutus 2018	Säästöpotentiaali			Kokonaisinvestointi
Lämpö				
2229 MWh	492,1	MWh/a	22,1 %	598 903 €
154 023,9 €	34004,11	€/a	22,1 %	
	125,7	tCO ₂ /a		
Sähkö				
1144 MWh/a	228	MWh/a	19,9 %	666 320 €
108 727,5 €	21660	€/a	19,9 %	
	32	tCO ₂ /a		



Kuvio 15. Energiakustannukset ja vuoden säästöt

Kuviosta 15 nähdään suunnitteilla olevien investointien vaikutus vuosittaisiin kustannuksiin. Sähköenergian kulutuksesta aiheutuvat kustannukset eivät laske paljon, ja on mahdollista, että sähkönkulutus mahdollisesti kasvaakin kohteessa hieman, jos lämmitys päätetään vaihtaa kokonaan maakaasusta maalämpöön, koska maalämpöpumppujärjestelmän apulaitteet kuluttavat sähköä.

Kohteen lämmitysenergian normeerattu kulutus on tällä hetkellä $31,1 \text{ kWh/rm}^3$, tässä opinnäytetyössä esitetyillä toimenpiteillä se pystyttäisiin pienentämään se arvoon 24 kWh/rm^3 .

Sähköenergian normeerattu kulutus on 16 kWh/rm^3 ja työssä esitetyillä toimenpiteillä se saataisiin arvoon 13 kWh/rm^3 .

12 Pohdinta

Haastavan opinnäytetyöstä teki sen laajuus sekä se, että jotkin asiat selvisivät vasta työn loppupuolella. Kohteen sähkö- ja lämpöenergian käytön tutkimista varten saatiin hyvin laitetietoja ja kulutustietoja, mutta käyntiaikoja jouduttiin arvioimaan työvuorojen pituuksien perusteella. Tämän työn kannalta tavoitteet täyttyivät hyvin, sillä hyviä toimenpide-ehdotuksia saatiin aikaiseksi ja niillä pystytään saavuttamaan säästöjä ja kehittämään yrityksen toimintaa.

Asiakkaalle tehtävässä energia-analysissä käydään läpi vielä tarkemmin tässä työssä esitettyjä toimenpiteitä sekä muita mahdollisesti suoritettavia toimenpiteitä ja niistä

muodostuvia säästöjä, kun investoinneista kuten uudesta rullaratingosta saadaan lisää tietoa, jonka avulla pystytään tekemään tarkat laskelmat, siitä kuinka kannattavia uudet investoinnit ovat.

Katselmuskohteelle joudutaan tekemään monta suurempaa investointia, joten voidaan olettaa, että menee useita vuosia, kunnes ne kaikki on pystytty toteuttamaan ja takaisinmaksuajat ovat pitkiä, mutta yrityksen toiminnan kannalta investoinnit kuten, esimerkiksi uusi rullaratasinko ja maalaamo alkavat olemaan ajankohtaisia, jotta tuotantoa pystytään jatkamaan ilman suurempia ongelmia.

Aiheena energia-analyysin tekeminen oli todella hyvä koulutusalaani ajatellen. Opin näytetyötä ja energia-analyysiä tehdessä paneuduttiin erilaisiin tapoihin kehittää yrityksen tuotannon, talotekniikan järjestelmien ja rakenteiden energiatehokkuutta.

Lähteet

A 1048/2017. 2018. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Viitattu 1.9.2019. http://energiatodistus.motiva.fi/midcom-serveattachmentguid-1e805b9885aaaa605b911e8b01aa1811e2b87de87de/yma_rakennuksen_energiatodistuksesta_sk1048-2017.pdf.

Analyysit ja neuvonta. N.d. Esite Kaeserin www-sivuilla. Viitattu 8.10.2019. <https://fi.kaeser.com/download.ashx?id=tcm:24-3342>.

Davies, M. G. 2005. Building Heat Transfer. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd. Viitattu 9.10.2019.

Energiatehokas teollisuuskiinteistö. N.d. Opas Motivan www-sivuilla energiatehokkaasta teollisuuskiinteistöstä. Viitattu 18.7.2019. https://www.motiva.fi/fi-les/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf.

Energiatehokkuussopimukset. N.d. Artikkelin Motivan ylläpitämällä Energiatehokkuussopimukset 2017-2025 - www-sivuilla. Viitattu 31.5.2019. <http://www.energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/energiatehokkuussopimukset/>.

Energiatuki. N.d. Artikkelin Business Finlandin www-sivuilla. Viitattu 5.8.2019. <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki/>.

Fast, E. & Saarivirta, E. 2019. Energiatehokkuusjärjestelmät ETJ ja ETJ+. Artikkelin Motivan www-sivuilla. Viitattu 29.5.2019. https://www.motiva.fi/yritykset/energiatehokkuuden_johtaminen/energiatehokkuusjarjestelmat_etj_ja_etj.

Heinara, H. & Kiuru, T. 2018. Energiakatselmuksien. Artikkelin Motivan www-sivuilla 13.9.2018. Viitattu 22.5.2019. https://www.motiva.fi/yritykset/energia-ja_materiaalikatselemus/energiakatselmuksien.

Hippinen, I & Suomi, U. 2012. Yhteenvedot CO₂ -päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO₂ -päästökertoimet. Viitattu 8.10.2019. https://www.motiva.fi/fi-les/16063/CO2-laskentaohje_-_Yhteenvedot.pdf.

Iron and steel emissions. N.d. Artikkele Global greenhouse warming www-sivuilla. Viitattu 21.8.2019. <http://www.global-greenhouse-warming.com/iron-and-steel-emissions.html>.

Julkisivun aurinkopaneelit. N.d. Ruukin www-sivuilla. Viitattu 12.6.2019. <https://www.ruukki.com/fin/b2b/tuotteet/julkisivuverhoukset/aurinkos%C3%A4hk%C3%B6j%C3%A4rjestelm%C3%A4t>.

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Projektipäällikkö Kinnunen, J. 2019. Maalaamohankkeen tietoja. Sähköpostiviesti 12.9.2019. Vastaanottaja J. Kiljunen. Katselmukskohteen uuden maalaamon tietoja. Viitattu 12.9.2019.

Kiuru, T.2017. Energiatehokas paineilmajärjestelmä. Artikkele energiätehokkaasta paineilmajärjestelmästä Motivan www-sivuilla 18.10.2017. Viitattu 23.7.2019. [https://www.motiva.fi/yritykset/ohjeita_ ja_vinkkej%C3%A4_tehokkaaseen_energian_ ja_materiaalien_kayttoon/paineilmajarjestelma](https://www.motiva.fi/yritykset/ohjeita_ja_vinkkej%C3%A4_tehokkaaseen_energian_ ja_materiaalien_kayttoon/paineilmajarjestelma)

Kiuru, T. 2017. Tuotannon ylijäämälämpö hyödyksi. Artikkele hukkalämmön hyödyntämisestä Motivan www-sivuilla 11.12.2017. Viitattu 18.7.2019. https://www.motiva.fi/yritykset/ohjeita_ ja_vinkkej%C3%A4_tehokkaaseen_energian_ ja_materiaalien_kayttoon/tuotannon_ylijaamalampo_hyodyksi.

Kiuru, T. 2018. TEM:n tukemat energiakatselmuks. Artikkele Motivan www-sivuilla 13.9.2018. Viitattu 29.5.2019. https://www.motiva.fi/yritykset/energia_ ja_materiaalikatselemus/energiakatselemus/tem_n_tukema_energiakatselemus.

Kärpänen, P. N.d. Tuotteiden energiätehokkuus. Artikkele työ- ja elinkeinoministeriön www-sivuilla. Viitattu 11.6.2019. <https://tem.fi/tuotteiden-energiatehokkuus>.

Kärpänen, P., Saari, A. & Veijonen, K. N.d. Energiatuki. Tietoa energiatauesta työ- ja elinkeinoministeriön www-sivuilla. Viitattu 13.6.2019. <https://tem.fi/energiatuki>.

Leino, S. N.d. Energiätehokkuudesta useita etuja. Artikkele Energiäteollisuuden www-sivuilla. Viitattu 31.5.2019. https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/asiakkaat/energiatehokkuus

LT14/LT24. N.d. Esite Lasertubesta BLM Groupin www-sivuilla. Viitattu 15.10.2019. <https://www.blmgroup.com/en/lasertube/lt14-lt24>.

Maakaasu on puhtain fossiilinen energianlähde. N.d. Artikkelin ominaisuuksista ja sen esiintymistä Gasumin www-sivuilla. <https://www.gasum.com/kaasusta/maakaasu/maakaasu-energialahteena/>

Maakaasun siirtoverkosto Suomessa. N.d. Artikkelin Gasumin www-sivuilla. <https://www.gasum.com/kaasusta/suomen-kaasuverkosto/kaasun-siirtoverkosto/>

Pakollisten energiakatselmusten sisältö ja aikataulu ongelmallisia. 2014. Uutinen Elinkeinoelämän keskusliiton www-sivuilla 28.5.2014. Viitattu 21.5.2019. <https://ek.fi/ajankohtaista/uutiset/2014/05/28/energiakatselmusten-sisalto-ja-aikataulu-ongelmallisia/>.

Pintakäsittely. Sinkopuhdistus. N.d. Yleisesite-pdf sinkopuhdistuslaitteista Beijerstech - yhtiön www-sivuilla. Viitattu 22.7.2019. https://beijers.fi/sites/default/files/image_storage/beijeroy_fi/PDF/Singot/sinkopuhdistuskoneet_-_yleisesite.pdf.

Puhaltimet EC-moottorilla. 2015. Vihreä tulevaisuus energiatehokkaasti – esite puhaltimista Systemairin www-sivuilla. Viitattu 23.7.2019. https://www.systemair.com/globalassets/downloads/leaflets-and-catalogues/suomi/ec_puhaltimet_12_2015_web.pdf.

Ritonummi, T. & Kärpänen, P. N.d. Energiatehokkuussopimukset 2017-2025. Artikkelin työ- ja elinkeinoministeriön www-sivuilla. Viitattu 29.5.2019. <https://tem.fi/energiatehokkuussopimukset-ja-katselmuksset>.

Ritonummi, T. & Puhakka, P. N.d. Energiatehokkuus. Artikkelin työ- ja elinkeinoministeriön www-sivuilla. Viitattu 5.8.2019. <https://tem.fi/energiatehokkuus>.

Sinkopuhallus. N.d. Artikkelin Beijerstech yhtiön www-sivuilla. Viitattu 17.7.2019. <https://beijers.fi/tuotteet/pintakasittely/sinkopuhallus>.

SankeyMATIC. N.d. Energiatasekaavion luomiseen tarkoitettu ohjelma www-sankeymatic.com sivuilla. Viitattu 9.10.2019. <http://sankeymatic.com/>.

Suihkupuhdistusasteet. N.d. Oppimateriaali Opetushallituksen www-sivuilla. Viitattu 5.8.2019. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/metallituotemaalaus/lm7.html>.

Teräsrakenteet 1. 1988. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Helsinki.

Suonto, Y. 1997. Julkisivujen korjausopas. Helsinki: Julkisivuyhdistys ry. Viitattu 8.10.2019. <https://docplayer.fi/703227-Julkisivuyhdistys-r-y.html>.

Säästötoimenpiteet. 2019. Artikkelit Motivan www-sivuilla 13.3.2019. Viitattu 14.10.2019. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/saastotoimenpiteet.

Teollisuuden energia-analyysi. 2016. Artikkelit Motivan www-sivuilla 17.11.2016. Viitattu 29.5.2019. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/energiakatselmusmallit/teollisuuden_energia-analyysi.

Teollisuuden energiakatselmus. 2017. Artikkelit Motivan www-sivuilla 10.8.2017. Viitattu 29.5.2019. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/energiakatselmusmallit/teollisuuden_energiakatselmus.

Teräsrakenneteollisuus. N.d. Artikkelit Teräsrakenneyhdistyksen www-sivuilla. Viitattu 12.6.2019. <http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/terasrakenneteollisuus/rakentamisen-teraksesta/>.

Teräsrakentaminen. 2008. Teräsrakentamisen yleisteos. Hämeen ammattikorkeakoulu, Innosteel. Viitattu 27.5.2019. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90437/HAMK_Teras.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Teräsrunko on valttia. N.d. Artikkelit teräsrunko rakentamisesta Kymenlaakson Hallipojat Oy:n www-sivuilla. Viitattu 12.6.2019. <https://www.hallipojat.com/rakennuspalvelut>.

Teräksen tuotanto. N.d. Artikkelit SSAB:n www-sivuilla. Viitattu 11.6.2019. <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/kestava-kehitys/kestavat-toiminnot/teraksen-tuotanto>.

Terästeollisuuden tulevaisuus on fossiiliton. 2019. Artikkelin Kauppalehden www-sivuilla. 29.4.2019. Viitattu 11.6.2019. <https://studio.kauppalehti.fi/studiovieras/ssab-terasteollisuuden-tulevaisuus-on-fossiiliton>.

Terästeollisuus ja ympäristö. N.d. pdf-tiedosto terästeollisuudesta ja sen vaikutuksesta ympäristöön. Viitattu 2.7.2019. new.teknologiateollisuus.fi/file/7446/ZC_TERSTEOLLJAYMPRIST.pdf.html

Teräskirja: teräs – silta tulevaisuuteen. 2009. Helsinki: Metallinjalostajat. Viitattu 28.5.2019.

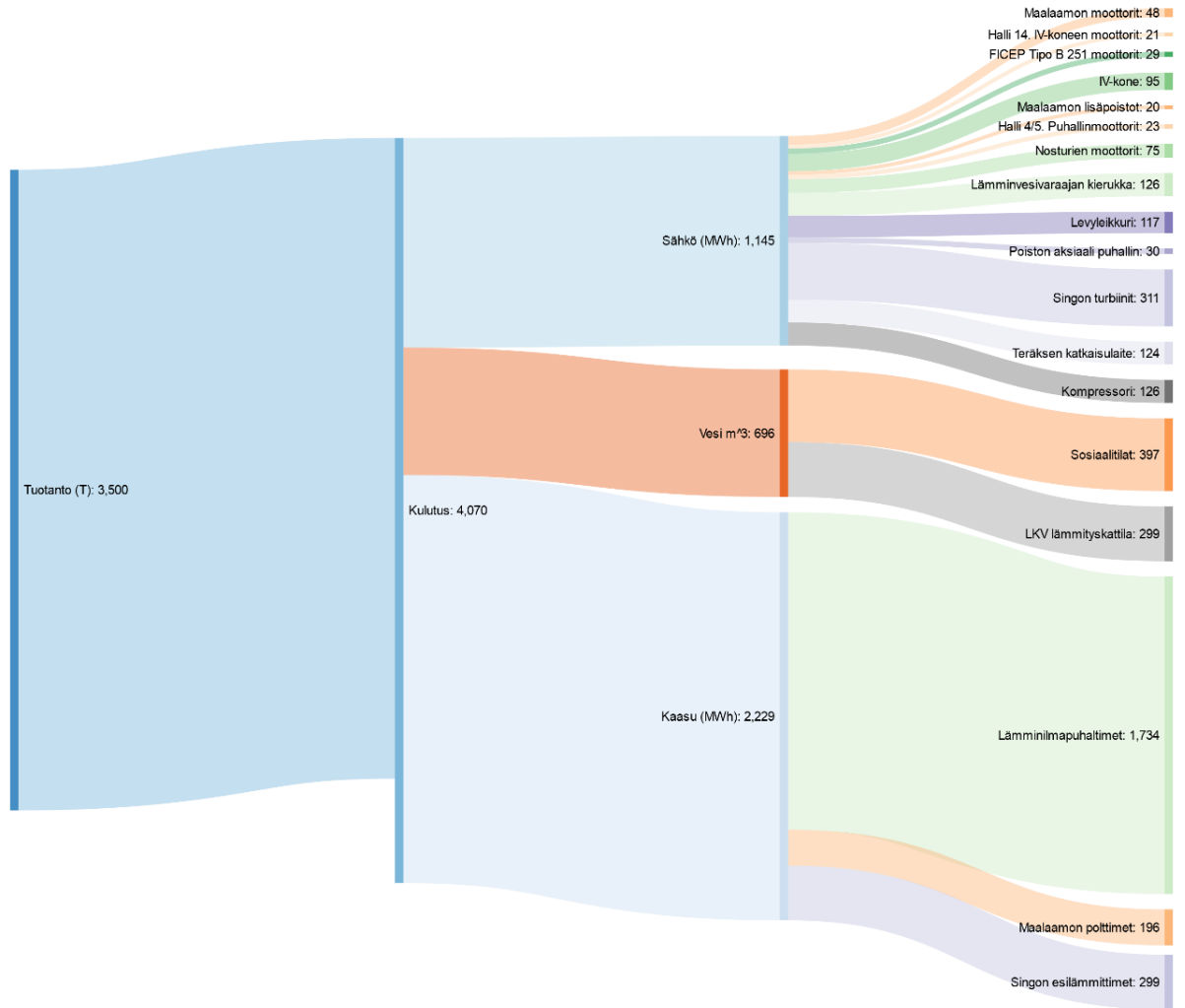
Työturvallisuuskeskus. 2018. pdf-tiedosto rae- ja hiekkapuhalluksesta ja sen aiheuttamista työterveyshaitoista. Viitattu 25.8.2019. https://ttk.fi/files/6454/Rae-ja-hiekka-puhallus_1.5_11102018.pdf

Energiatodistuksen laadintaesimerkki. 2018. Energiatodistusoppaan 2018: uusi kerrostalo. Viitattu 1.9.2019. http://energiatodistus.motiva.fi/midcom-serveat-tachmentguid-1e952209efd3a3a522011e9b40bab954c87be9cbe9c/energiatodistus-opas_2018_uusi_kerrostalo.pdf.

Liitteet

Liite 1. Sankey-energiatasekaavio

Energiatasekaavion laatimisessa käytetty SankeyMATIC (BETA) versiota.



Liite 2. Energia-analyysin rakenne ja tarvittavia tietoja

Energia-analyysin laatimista varten tarvitaan seuraavanlaisia tietoja katselmuskohdeelta. Energia-analyysin sisällysluettelon rakenne voisi olla seuraavanlainen.

- 1. Yhteenveto ehdotetuista säästötoimenpiteistä ja katselmuskohteen energiataloudesta**
 - 1.1 Katselmuskohde
 - 1.2 Säästöpotentiaalit ja energiatalous
 - 1.2.1 Lämpö
 - 1.2.2 Sähkö
 - 1.2.3 Vesi
- 2. Kohteen perustiedot (rakennusvuosi, rakennustilavuudet ja bruttoalat jne.)**
 - 2.1 Katselmuskohteen kuvaus
 - 2.1.1 Käyttöajat ja työvuorot
 - 2.1.2 Rakennukset
 - 2.2 Toimiala, tuotantomäärät ja henkilöstö
 - 2.2.1 Tuotannossa käytettävät raaka-aineet
 - 2.2.2 Prosessit järjestyksessä
 - 2.2.3 Energiankulutuksen kannalta merkittävimmät prosessit
 - 2.2.4 Käyttö, huolto ja kunnossapito
 - 2.2.5 Kunnallistekniset liittymät
- 3. Energian ja veden kulutukset sekä kustannukset**
 - 3.1 Kokonaiskulutukset ja kustannukset sekä ominaiskulutukset
 - 3.2 Lämpö ja polttoaineet
 - 3.3 Sähkö
 - 3.4 Vesi
 - 3.5 Energiataseet
- 4. Talotekniikan peruskartoitus ja energiankulutus**
 - 4.1 Lämmitysjärjestelmät
 - 4.2 Sähköjärjestelmät
 - 4.3 Rakennukset ja rakenteet
 - 4.4 Rakenteiden kunto
- 5. Tehdaspalvelujärjestelmien peruskartoitus ja energiankulutus**
 - 5.1 Vesikiertoiset lämmitysjärjestelmät
 - 5.2 Paineilmajärjestelmät
 - 5.3 Ilmanvaihtojärjestelmät
 - 5.4 Prosessisähköjärjestelmät
 - 5.5 Vesi- ja viemärintijärjestelmät
- 6. Prosessilaitteiden peruskartoitus**
- 7. Toimenpiteillä saavutettavat säästöt (Käydään läpi kaikki toimenpiteet ja niillä saavutettavat säästöt ja esitetään investointien kannattavuuslaskelmat).**

Liite 3. Prosessilaitteiden energiankulutusten arviointi

SÄHKÖ

	kW	Käyntiaika (h/a)	kWh	MWh
Maalamon moottorit	16,5	2700	44550	45
Halli 14 IV-koneen moottorit	8	2500	20000	20
FICEP tipo B 251 moottorit	11	2600	28600	29
Ilmanvaihtokone	34	3000	102000	102
Maalaamon lisäpoistot	6,6	2600	17160	17
Halli 4/5 Puhallinmoottorit	8	2400	19200	19
Nosturien moottorit	26,9	2600	70070	70
Lämminvesivaraajan kierukka	45	2800	126000	126
Levyleik- kuri	45	2700	121500	122
Poiston aksiaali puhallin	11	2800	30800	31
Singon turbiinit	111	2500	277500	278
Teräksen katkaisulaite	45	2750	123750	124
Laser	15	2450	36750	37
Kompressorit	45	2825	127125	127
Yht.			1145005	1145,005

KAASU

	kW	käyntiaika (h/a)	kWh	MWh
Lämminilmapuhaltimet	270	2115	571050	571,05
Lämminilmapuhaltimet	160	2100	336000	336
Lämminilmapuhaltimet	270	2100	567000	567
Lämminilmapuhaltimet	90	2200	198000	198
LKV lämmityskattila	115	2140	246100	246,1
Maalaamon polttimet	797,4	390	310986	310,986
Yht.			2229136	2229,136