



Hiihtokeskuksen energiankulutustietojen seurannan kartoitus, dokumentointi ja kehittäminen

Sami Lindsberg

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2021

Tekniikan ala

Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Sami Lindsberg

Hiihtokeskuksen energiankulutustietojen seurannan kartoitus, dokumentointi ja kehittäminen.

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2021, 51 sivua.

Tekniikan ala. Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

Tiivistelmä

Ilmastonmuutoksen ehkäisemisessä energian tehokas käyttö on yksi tärkeimmistä ilmastotoimista. Energia-tehokkuuden parantaminen auttaa ehkäisemään ilmastonmuutosta pienentämällä energiantuotannosta ja tuontien energiasta aiheutuvia päästöjä. Energiatehokkuuden parantamiseen tehokas keino on hankkia reaaliaikainen energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Pyhätunturin energiaseurannan nykytila ja tuottaa siitä selkeä dokumentaatio sekä pohtia kehitysideoita energiaseurantaan. Opinnäytetyön tavoitteena oli myös selvittää hiihtokeskuksen suurimmat energiankulutuskohteet ja rinnevalaistuksen ryhmittely sekä sen ohjausmahdollisuudet. Tavoitteena oli myös luoda dokumentaatio valaistuksen ryhmittelystä ja ohjauksesta.

Opinnäytetyö toteutettiin case-tutkimuksena, jossa oli viitteitä kvantitatiivisesta tutkimusmenetelmästä. Hiihtokeskuksessa käytettävien laitteiden tehotietoja kerättiin eri lähteistä Excel-taulukkoon, jonka avulla tiedoista analysoitiin teho- ja energiankulutusjakaumat osa-alueittain. Valaistuksen ryhmittely ja ohjaus selvitettiin Pyhätunturin työntekijän avulla ohjausjärjestelmästä otettujen kuvien ja järjestelmän toiminnan kertomuksien perusteella.

Opinnäytetyön tuloksina saatiin toimeksiantajalle selkeät dokumentit energiaseurannan nykytilasta sekä valaistuksen ryhmittelystä ja ohjauksesta. Näiden lisäksi saatiin selvitettyä hiihtokeskuksen suurimmat energiankulutuskohteet ja pohdittua energiaseurannan kehitystoimenpiteitä energiankulutusjakauman ja energiaseurannan nykytilan pohjalta.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että hiihtokeskuksissa on suuriakin potentiaaleja energiatehokkuuden parantamiseen. Työn tavoitteet saavutettiin ja toimeksiantaja saa työstä hyödyllisiä kehitysideoita energiaseurannan kehittämiseen. Tärkeimpinä seurattavina energiankulutuskohteina hiihtokeskuksessa esille nousi keskuksen hissit ja lumetusjärjestelmä, joille kannattaa asentaa uusia alamittauksia energiatehokkaan toiminnan takaamiseksi.

Avainsanat (asiasanat)

Energiatehokkuus, hiihtokeskukset, energiankulutus

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Liitteet 1 ja 2 ovat salassa pidettäviä ja ne on poistettu työn julkisesta versiosta. Salassapidon peruste on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohdat 7 ja 21. Salassapidon aika on viisi (5) vuotta. Salassapito päättyy 21.5.2026.

Sami Lindsberg

Documentation and development of the ski resort's energy monitoring system

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2021, 51 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Energy efficiency is one of the most important measurements in preventing climate change. Improving energy efficiency helps prevent climate change by reducing emission from energy production and energy importing. An efficient way to improve energy efficiency is to acquire a real-time monitoring system for measuring energy efficiency.

The purpose of the thesis was to map the current state of Pyhäntunturi's energy monitoring, to make a clear documentation about it and propose development on energy monitoring. Another major objective was to find out the largest energy consumption parts of the ski resort and the grouping of the slope lighting as well as its controlling possibilities. The task was also to create documentation of the grouping and control of lighting.

The thesis was made as a case study with indications of a quantitative research method. The power data of the equipment used in the ski resort were collected from different sources and were compiled in an Excel spreadsheet which was used to analyze segmentations of maximum powers and energy consumptions in the ski resort area. The grouping and controlling of lighting were clarified with the help of an employee by pictures of the control system and reports on how the controlling works.

As a result of the thesis the client received clear documents of the current state of energy monitoring and the grouping and controlling of lighting. In addition to these the largest energy consumption parts of the ski resort were identified and development actions for energy monitoring were proposed based on the energy consumption distribution and the current state of monitoring.

In conclusion ski resorts have great potential for improving their energy efficiency. The objectives of the thesis were achieved and the client will get useful information for developing the energy monitoring system. The most important energy consumption parts to improve monitoring on were the ski lifts and snow making system on which is worth installing new sub-measurements to ensure energy efficient operation.

Keywords/tags (subjects)

Energy efficiency, ski resorts, energy consumption

Miscellaneous (Confidential information)

Appendices 1 and 2 are confidential and have been removed from the public thesis. The basis for secrecy is section 24(7 & 21) of the Act of the Openness of Government Activities (621/1999). The period of secrecy is five (5) years and it ends 21.5.2026.

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Opinnäytetyön taustat	3
1.2	Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoite	4
1.3	Aiheen rajaus	5
1.4	Toimeksiantaja	5
1.5	Tutkimusasetelman esittely	7
1.6	Aineiston keruu ja analysointi	7
2	Hiihtokeskuksen energiankulutuskohteet	8
2.1	Rinnevalaistus	8
2.2	Lumetusjärjestelmä	11
2.2.1	Lumitykit	11
2.2.2	Veden pumppaus ja jäähdytys	13
2.2.3	Paineilma	14
2.3	Hiihtohissit	15
2.4	Hiihtokeskuksen kiinteistöt	15
3	Energian mittaus	16
3.1	Sähköenergia	16
3.1.1	Yleistä	16
3.1.2	Mittausautomaatio ja etäluenta	17
3.1.3	NIALM mittaus	18
3.2	Kaukolämpö	18
3.3	Seurantajärjestelmä	20
4	Työn toteutus	23
4.1	Energiaseurannan nykytilan kartoitus	23
4.2	Valaistuksen ohjauksen selvitys	24
4.3	Dokumentointi	24
4.4	Hiihtokeskuksen suurimmat energiankulutuskohteet	24
5	Työn saavutetut tulokset	26
6	Pohdinta	27
6.1	Luotettavuus	27
6.2	Johtopäätökset ja kehittämis ehdotukset	28

Lähteet	31
Liitteet	33
Liite 1. Pyhätunturin energiaseurannan nykytila (salassa pidettävä)	33
Liite 2. Pyhätunturin rinnevalaistuksen ohjaus (salassa pidettävä)	34

Kuviot

Kuvio 1. Eri valaisintyyppien valotehokkuuksien kehittyminen (Kallasjoki 2017, 2.)	9
Kuvio 2. Suurpainenaatriumlampun rakenne (Jaako 2014.)	9
Kuvio 3. Monimetallilampun rakenne (Jaako 2014.)	10
Kuvio 4. Led-paketin rakenne piirilevyllä (Kallasjoki 2017, 11.)	10
Kuvio 5. Rukan hiihtokeskuksen liikuteltavia Technoalpin T60 ja T40 puhallintykkejä.	12
Kuvio 6. Rukan hiihtokeskuksen Technoalpin V3 lance mallinen kiinteästi asennettu hybriditykki.	13
Kuvio 7. Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän periaate (Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta n.d.)	20
Kuvio 8. Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta ja käyttöönotto (Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta n.d.)	21
Kuvio 9. Kokonaistehon jakautuminen Pyhän hiihtokeskuksessa (salassa pidettävä)	25
Kuvio 10. Kokonaistehon jakautuminen prosenttiosuuksina (salassa pidettävä)	26
Kuvio 11. Käytetyn energian jakautuminen Pyhän hiihtokeskuksessa arvioitujen käyttötuntien mukaan. (salassa pidettävä)	27

Taulukot

Taulukko 1. Paineilmajärjestelmän mahdollisten ilmapuotojen vaikutus kustannuksiin (Energiatehokas paineilmajärjestelmä osa 2/2 n.d.)	14
Taulukko 2. Lumetusvesipumppujen tiedot (salassa pidettävä)	24
Taulukko 3. Tiedot lumitykeistä (salassa pidettävä)	25
Taulukko 4. Paineilmakompressorin tiedot (salassa pidettävä)	25
Taulukko 5. Tiedot hisseistä (salassa pidettävä)	25
Taulukko 6. Valaisimien tiedot (salassa pidettävä)	25
Taulukko 7. Arviodut käyttötunnit ja käytetty energia kaudessa (salassa pidettävä)	26

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön taustat

Euroopan unionissa ja Suomessa pyritään tehostamaan energiatehokkuutta direktiiveillä ja lain-säädännöllä. Euroopan unionin energiatehokkuustavoitteet on määritelty energiatehokkuusdirektiivissä ja tavoitteena on, että vuoteen 2030 mennessä alueen energiatehokkuudessa on kasvua vähintään 32,5 % verrattuna vuonna 2007 asetettuihin vuoden 2030 energiankulutusennusteisiin. EU:n maat asettavat omat energiatehokkuustavoitteensa direktiivin mukaan vuotuisen energiansäästövelvoitteen lisäksi. Suomessa energiatehokkuustavoitteisiin pyrkiminen on toteutettu vapaaehtoisten energiatehokkuussopimuksien avulla. Sopimuksia on solmittu valtion ja toimialojen välillä jo 1990-luvulta asti. Näiden tärkein ajatus on ohjata ja opastaa yrityksiä ja yhteisöjä energiatehokkaampaan toimintaan. Sopimuksiin liittyneet tekevät omat energiatehokkuuden kehittämissuunnitelmat ja pyrkii niiden toteutukseen eri toimenpiteillä. Energian tehokkaalla hyödyntämisellä on vaikutusta niin energian tuotannon ilmastovaikutuksiin, kuin tuontienergiasta aiheutuvien ilmastopäästöjen vähenemiseen. (Energiatehokkuustoimista on taloudellista hyötyä 2021; Energiatehokkuussopimukset 2020)

Yrityksen energiatehokkuuden tavoittelu antaa yrityksen asiakkaille vastuullisen kuvan yrityksen toiminnasta ja yritys itse on näin mukana auttamassa ilmastonmuutoksen ehkäisyä pienentämällä toiminnastaan aiheutuneita päästöjä. Energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa monella eri tavalla ja hyvin usein pienikin säästö energiankulutuksessa voi saada aikaan isojakin säästöjä pitkällä aikajaksolla niin päästöissä, kuin energialaskuissakin. Tehokas tapa energiatehokkuuden lisäämiseen on hankkia reaaliaikainen energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmä, jonka avulla pystytään seuraamaan energiankulutuksia sekä niiden muutoksia reaaliajassa ja tarvittaessa puuttua niihin hyvin nopealla aikataululla. Muutokset energiankulutuksissa voivat kertoa esimerkiksi laitteiden vikaantumisia tai vääränlaista toimintaa. Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän oikean toiminnan ja hyödyn kannalta on tärkeää ymmärtää energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät. (Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta n.d.)

Hiihtokeskukset ovat suuria sähkönkuluttajia. Sähköä hiihtokeskuksessa kuluu muun muassa hissien käyttämiseen, lumetusveden pumppaukseen, lumetusjärjestelmän paineilman tuotantoon, lumitykkien toimintaan sekä rinnevalaistukseen. Hiihtokeskuksissa on monesti myös paljon sähköä

kuluttavia kiinteistöjä, sillä usein rakennusten lämmitys on toteutettu sähköllä. Suurin osa hiihtokeskuksen kuluttamasta sähköenergiasta kuluu lumetukseen ja hissien toimintaan. Lumetus vie lähes puolet vuoden käytetystä kokonaisenergiasta. Suurien sähkönkäyttäjien tapauksissa suurin osa sähkölaskun suuruudesta perustuu sähköliittymäkohtaisiin kuukausimaksuihin sekä sähköliittymäkohtaiseen kuukauden suurimpaan tuntitehoarvoon. Kustannus-näkökulmasta on tärkeää tietää reaaliaikainen sähkönkulutus, jotta sähkön käyttöä pystyisi jakamaan ja pienentämään kuukausien tehohuippuja. (Timonen 2010.)

1.2 Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoite

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin energiaseurannan järjestämistä hiihtokeskuksessa. Toimeksiantaja on ottamassa käyttöön EnerKey -energianseurantajärjestelmää ja sen myötä heillä oli tarve kartoittaa energiaseurannan nykytila, dokumentoida se ja pohtia kehitysideoita sen kehittämiseksi. Seurannan nykytilan kartoituksella ja sen pohjalta kehitysideoiden tarkastelulla saadaan energiaseurantajärjestelmästä suurin hyöty kustannustehokkaasti.

Opinnäytetyön aiheen valinta alkoi omasta kiinnostuksesta auttaa kehittämään hiihtokeskuksen energiatehokkuutta. Toimeksiantajan tarpeen mukaan aiheeksi valikoitui keskuksen energiaseurannan nykytilan kartoitus, dokumentointi ja kehittäminen. Näin opinnäytetyölle saatiin itseä kiinnostava ja toimeksiantajaa hyödyttävä aihe. Aiheen ajankohtaisuus nousee esille tarkastelemalla ilmastonmuutoksen ehkäisyä energiatehokkuuden näkökulmasta. Energiatehokkuuden kehittäminen auttaa yritystä pienentämään omaa energiankulutustaan ja sitä myöten vaikuttamaan myös ilmastonmuutoksen ehkäisemiseen kuluttamalla vähemmän. Ilmastonmuutos on erittäin epämieluisa asia hiihtokeskuksille, sillä maapallon keskilämpötila on nousussa. Keskilämpötilan nousu aiheuttaa talvien lyhenemisen, jolloin myös hiihtokeskuksien toiminnan kannalta oleellinen sesonki lyhenee. Opinnäytetyö voi antaa myös hyödyllistä tietoa suurille sähkönkäyttäjille, joiden energialaskutus perustuu kuukausien tuntitehohuippuihin. Tuntitehohuippujen pienentäminen edesauttaa niin yrityksen energiatehokkuutta kuin sähköverkkojen kuormitusta, jolloin sähköntuotannon ympäristövaikutukset pienenevät.

Opinnäytetyön ensimmäisenä tavoitteena oli saada selkeä kuva hiihtokeskuksen käytössä olevien laitteiden ja järjestelmien toiminnasta ja siitä, miten niiden toiminta vaikuttaa hiihtokeskuksen

energiankulutuksiin ja saada kartoitettua olemassa olevan energiaseurannan nykytila. Kartoituksen yhteydessä oli tarkoitus saada energiaseurannan nykytila myös dokumentoitua, sillä olemassa olevia dokumentaatioita ei ollut olemassa. Tärkeimpänä kysymyksenä opinnäytetyön teossa esille nousi, onko eri laitteiden energiankulutuksissa niin suuria eroja, että niitä kannattaa seurata laitekohtaisesti. Työssä selvitettiin myös hiihtokeskuksen suurimmat energiankulutuskohteet ja pohdittiin, miten niiden energiankulutusten seuranta kannattaa toteuttaa. Opinnäytetyön toisena tavoitteena oli selvittää rinnevalaistuksen valaisimien ryhmittely sekä niiden ohjaus ja luoda näistä selkeä dokumentaatio, jonka avulla valojen ohjaus on selkeästi ymmärrettävissä. Työssä täytyi pohtia myös energiaseurannan järjestämistä tulevaisuudessa. Opinnäytetyö toimii toimeksiantajalle hyvänä pohjana energiatehokkuuden parantamiseen.

1.3 Aiheen rajaus

Opinnäytetyössä käsitellään hiihtokeskuksen toimintoja hyvin yleisellä tasolla, eikä perehdytä teknisiin laitteisiin ja yleisiin toimintoihin syvällisesti. Työssä ei esimerkiksi tarkastella eri energiamittareita ja niiden asennusta. Syvälinen perehtyminen ei ole olennaista tämän opinnäytetyön toteutukselle. Tässä opinnäytetyössä ei myöskään tarkastella energiatehokkuuden parantamista toimenpiteillä, vaan työssä tarkastellaan energiaseurannan kehittämistä.

Työssä pienemmälle tarkastelulle jäivät hiihtokeskuksen kiinteistöt, sillä niistä oli hyvin rajallisesti eriteltyä teho- ja energiankulutustietoa saatavilla. Lisäksi hiihtokeskuksen hissien käsittely jäi vähemmälle, sillä niiden toimintaan energiankulutuksen suhteen ei pysty juurikaan vaikuttamaan ja niiden kulutus on hyvin tasaista. Aiheen rajauksen ulkopuolelle jäivät hiihtokeskuksen rinnehuollon ajoneuvot, koska niiden energiankulutuksien seuranta oli jo hyvällä mallilla.

1.4 Toimeksiantaja

Toimeksiantajana tällä opinnäytetyöllä toimii Pyhätunturi Oy. Pyhätunturi on Pelkosenniemellä sijaitseva hiihtokeskus, joka kuuluu samaan Rukakeskus-konserniin Rukan hiihtokeskuksen kanssa. Rukakeskus-konserni on puolestaan osa Aho Groupia. Rukakeskus-konserni on Suomessa suurimpia matkailuyrityksiä sekä hiihtokeskustoimialan markkinajohtaja. Suomen kaikista hissilippujen myynnistä yli 20 % myydään konsernin alla. Konsernin liikevaihto on noin 24 miljoonaa euroa ja se

työllistää yhteensä noin 170 henkilöä. Pyhätunturilla on tavoitteena olla maailman puhtain hiihtokeskus ja he ovatkin osana EU:n energiatehokkuussopimusta, jonka tavoitteena on parantaa energiatehokkuutta 7,5 % vuosien 2017—2025 välillä. (Pyhätunturi Oy n.d.; Vastuullisuusohjelma n.d.)

Pyhätunturin hiihtokeskuksessa käytetään rinnevalaistukseen suurimmaksi osaksi suurpainenatriumlamppuja. Palander-kilparinteen ja Polar-rinteen alaosan valaistus on toteutettu monimetallivalaisimilla laskettelukilpailulle ja televisioinnille sopivan värintoiston saavuttamisen vuoksi. Rinnevalaistusta voidaan ohjata valaistuksenohjausjärjestelmällä, jolla voidaan asettaa valaistukselle kellonaikojen ja hämäräkytkimien mukaan syttymisajankohdat ja -tasot.

Lumetusjärjestelmä Pyhätunturilla on uudistettu osittain 2010, jolloin keskuksen asennettiin täysautomaattinen lumetusjärjestelmä. Täysautomaattinen lumetusjärjestelmä osaa ohjata lumetusta energiatehokkaasti ja täten laskee myös lumetuksesta aiheutunutta energialaskua. Automaatiojärjestelmä ohjaa lumitykkien, veden pumppauksen ja paineilman käyttöä optimaalisesti keliolosuhteisiin nähden ja esimerkiksi sammuttaa lumetuksen, mikäli ilman lämpötila nousee liian korkeaksi. Osa lumitykeistä on liikuteltavia ja yhdistettävissä automaatiojärjestelmään sähköisesti. Joissain puhallintykeissä on lisäksi vielä lumitykin oma pienempi paineilmakompressori. Lumetusjärjestelmän vaatiman lumetusveden pumppaus on hiihtokeskuksen toiseksi suurin energiankuluttaja hissien jälkeen. Lumetusvesipumput on sijoitettu veden siirron ja paineenkorotuksen kannalta kannattaviin paikkoihin.

Energiaseuranta Pyhätunturilla on tällä hetkellä järjestetty hyvin yleisellä tasolla. Energiankulutusta seurataan sähköliittymäkohtaisesti kokonaiskulutuksella, josta tiedot saadaan EnerKey -energianseurantajärjestelmään parin päivän viiveellä toteutuneesta kulutuksesta sähkömyyjän toimitamana. Kulutuksia mitataan myös omilla sähkön alamittauksilla muun muassa vuokralaisten laskutusta varten, mutta niiden seuranta EnerKey -järjestelmään ei ole toteutettu. Energianseurannassa on huomioitu kaukolämmön ja veden kulutuksen lisäksi myös rinnehuollon ajoneuvojen energiankulutukset ja niitä seurataan manuaalisesti syöttämällä toteutuneet polttoainekulutukset käsin energianseurantajärjestelmään. Kaukolämmön ja veden kulutuksien mittaus tapahtuu myös manuaalisesti kulutustiedot syöttämällä käsin järjestelmään. Veden kulutuksien mittaus on siirtymässä etäluentaan, jolloin vedenkulutusta pystytään seuraamaan reaaliajassa ja huomaamaan esimerkiksi mahdolliset vesivuodot hyvinkin nopeasti.

1.5 Tutkimusasetelman esittely

Opinnäytetyön toteutustapana oli case-tutkimus. Case-tutkimuksen valinta opinnäytetyön tutkimusmenetelmäksi pohjautui siitä, että työssä kartoitettiin nykytilan kokonaisuus ja dokumentoitiin se, sekä pohdittiin kehitysideoita energiaseurannan kehittämiseksi. Kehitysideoita ei työn aikana testattu. Opinnäytetyössä oli viitteitä myös kvantitatiivisesta tutkimuksesta, sillä työssä tutkittiin energiankulutus- ja tehotietoja numeerisesti ja niiden pohjalta selvitettiin suurimmat energiankulutuskohdeet sekä niiden vaikutukset kokonaisuuteen.

Case-tutkimuksessa tutkitaan jotain tapausta tai kohdetta perusteellisesti. Kokonaiskuvan saamiseksi aineistoa hankitaan monista eri saatavilla olevista tietolähteistä, kuten dokumenteista, haastatteluista, omista havainnoista ja muista tietolähteistä. Eri lähteistä hankitut tiedot ja aineistot kootaan yhteen ja luodaan ilmiön tai tapauksen kokonaiskuva. Tutkimuskohdeita case-tapauksissa on yleensä vain yksi ja tutkittava tapaus tai ilmiö on ajankohtainen. Case-tutkimuksessa tutkija laatii ongelmaan ratkaisun, mutta ei toteuta työtä ongelman ratkaisemiseksi. Mikäli tutkimuksen ratkaisu esitetään ja ryhdytään tutkimuksessa itse ongelman ratkaisuun tai ideoiden testaukseen, tutkimus muuttuu kehittämis- tai toimintatutkimukseksi. (Kananen 2013, 15, 77.)

1.6 Aineiston keruu ja analysointi

Tietoperusta Pyhätunturilla käytössä olevista laitteista ja energiaseurannan nykytilasta selvitettiin Pyhätunturin työntekijöitä haastatteleamalla ja olemassa olevan EnerKey -energianseurantapalvelun energiankulutustietoja tarkastelemalla. Pyhätunturilla olevista kiinteistöistä ja käytettävistä laitteista olevia kirjallisia dokumentteja oli hyvin vähän saatavilla, mikä hankaloitti tiedonkeruuta ja esimerkiksi laitteiden osalta iso osa tiedoista täytyi hakea esimerkiksi laitevalmistajilta. Laitteista saadut tiedot kerättiin Excel-taulukoon kootusti sekä luotiin taulukot kuvaamaan laitteiden tehojen ja energiankulutusten jakaumaa. Opinnäytetyön tietoperusta täytyi hakea useasta eri lähteestä ja näissä lähteissä suosittiin mahdollisimman puolueettomia julkaisuja. Kansainvälisten julkaisujen käyttö lähteinä ei ollut tarpeen, sillä kotimaisen kielen julkaisut olivat ammattimaisia ja osuvia työlle. Kansainvälisten julkaisujen osuvuus työhön ei juuri täsmännyt, sekä usein kansainväliset lähteet olivat vanhempia julkaisuja, kuin kotimaisen kielen julkaisut. Työlle oli myös vaikea löytää tuoreita lähteitä ja tästä syystä monen lähteen tiedot ovat jo useamman vuoden vanhoja. Näiden

lähteiden, joiden julkaisusta on jo noin 10 vuotta, tiedot voivat olla jo osittain vanhentunutta ja nykyisin käytettävä tekniikka on usein kehittyneempää.

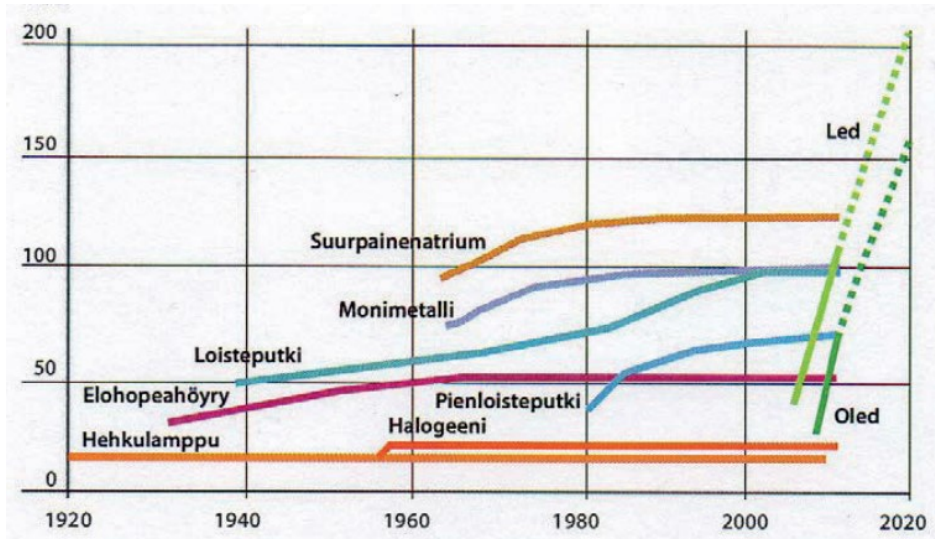
Kerätyn aineiston perusteella pystyi hahmottamaan Pyhätunturin energiaseurannan nykytilan kokonaisuuden ja luomaan sen perusteella dokumentaation siitä. Analysoimalla käytettävien laitteiden teho- ja energiankulutustietoja pystyttiin hahmottamaan hiihtokeskuksen käyttämän energian jakauman osa-alueittain ja tunnistamaan tärkeimmät energiankulutuskohteet. Energiankulutusjakauksen perusteella onnistui hahmottaa, mihin osa-alueeseen kannattaa keskittää energian mittauksen päähuomio. Energiankulutusjakauman analysoinnista ulkopuolelle jäi hiihtokeskuksen kiinteistöjen kuluttama energia, koska kiinteistöjen tehotietoja ja sähköliittymän kokonaissähkönkulutuksesta eriteltyä kiinteistökohtaista energiankulutustietoa ei ollut saatavilla.

2 Hiihtokeskuksen energiankulutuskohteet

2.1 Rinnevalaistus

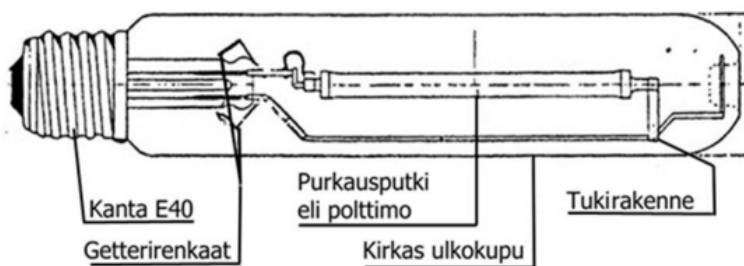
Hiihtokeskusten käyttämästä energiasta noin 5—10 % kuluu rinteiden valaisemiseen. Valaistuksessa on monesti paljon hukkakulutusta, eli valoja pidetään päällä sekä päivällä että rinteiden ollessa jo kiinni. Päivällä rinnevalojen käyttö perustuu turvallisuussyistä lumen muotojen korostukseen. Rinteiden suljettua rinnevalaistus jätetään usein päälle rinteiden kunnostamista varten.

Yleisesti rinteet valaistaan asentamalla kolme 400 W valaisinta pylväisiin, jotka sijoitellaan rinteesseen noin 40 metrin välimatkoilla. Kolme valaisinta asennetaan usein siksi, että valaistusteho kattaa rinteen koko leveyden. Valaisimet ovat yleensä tyypiltään suurpainenatriumlamppuja ja monimetallilamppuja. Näistä suurpainenatriumlamppu sopii parhaiten käytettäväksi myös yleisvalaistukseen rinteessä esimerkiksi päiväaikaan tai rinteiden huollon ajaksi. (Timonen 2010, 21.)

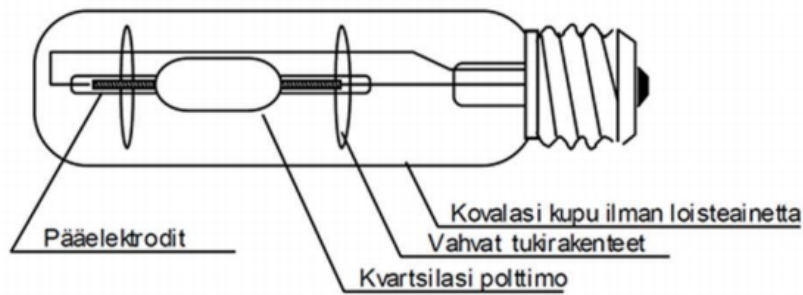


Kuvio 1. Eri valaisintyyppien valotehokkuuksien kehittyminen (Kallasjoki 2017, 2.)

Kuviossa 1 on kuvattu eri valaisintyyppien valotehokkuuden kehittymistä vuosien mittaan. Kuvion mukaan parhaita valaisimia tällä hetkellä on nimenomaan suurpainenatriumlamppu, monimetallilamppu sekä led-valaisimet. Valaisimien valotehokkuutta kuvataan arvolla lm/W ja se on kuviossa esitetty kuvaajan y-akselilla. Valotehokkuus tarkoittaa sitä, kuinka monta lumenia valaisin tuottaa yhden watin sähköenergialla. Toisin sanoen, miten tehokkaasti valaisin muuttaa sähköenergian valoksi.

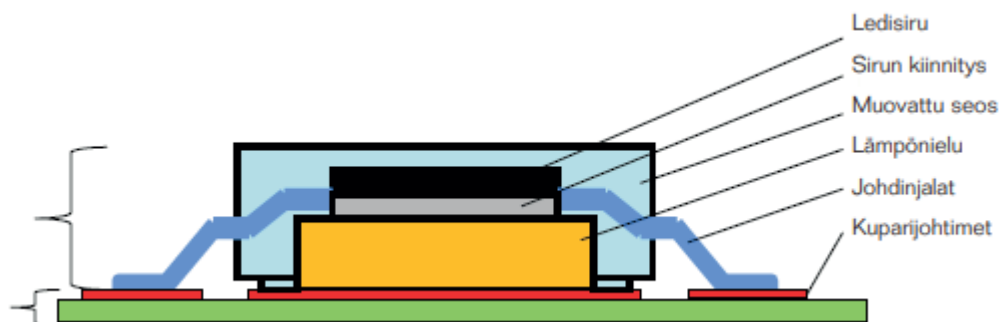


Kuvio 2. Suurpainenatriumlampun rakenne (Jaako 2014.)



Kuvio 3. Monimetallilampun rakenne (Jaako 2014.)

Suurpainenatriumlampun toiminta perustuu natriumhöyryn paineen kasvun aiheuttamaan purkaukseen purkausputkessa (ks. kuvio 2.). Purkaus synnyttää valoa. Suurpainenatriumlampun etuna on sen valotehokkuus. Niitä käytetään yleisesti teiden ja katujen valaistuksessa sekä teollisuuden ja ulkoalueiden valaistuksessa. Monimetallilamppu toimii suurpainenatriumlampun tavoin purkaukseen perustuen, mutta monimetallilampun polttimossa (ks. kuvio 3.) käytetään eri metalliyhdisteitä. Eri metalliyhdisteet saavat aikaan valolle eri ominaisuuksia, kuten eri värejä ja valoisuutta. Vaikka purkauslamput ovatkin valotehokkuudeltaan hyviä vaihtoehtoja valaistukselle, niiden huonoja puolia ovat ensinnäkin suurpainenatriumlampun heikko värintoisto sekä purkauslamppujen hidas syttyminen. Purkauslampun syttyminen kestää yleensä noin 4 minuuttia ja esimerkiksi lyhyenkin sähkökatkon yhteydessä purkauslamppu sammuu ja sen täytyy jäähtyä ennen uudelleen sytyttämistä. Huonoihin puoliin kuuluu myös monimetallilamppujen elinikä, joka on heikompi kuin suurpainenatriumlamppujen. Toisaalta monimetallilampun värintoisto on puolestaan erittäin hyvä, ja se soveltuu muun muassa erityisen hyvin televisiointia varten. (Kallasjoki 2017.)



Kuvio 4. Led-paketin rakenne piirilevyllä (Kallasjoki 2017, 11.)

Kuten kuviosta 1 huomataankin, led-valaisimet ovat ohittaneet suurimman osan valaisintyypeistä valotehokkuuden suhteen. Suunniteltaessa perinteisten valaisintyyppien vaihtoa led-valaisimiin tulee ensiksi ottaa huomioon, että led-lamppu ei välttämättä sovellu suoraan asennettavaksi perinteisen lampun tilalle. Led-lamppu lämpenee käytössä huomattavan paljon ja liika lämpö perinteiseen virtalähteeseen kohdistettuna voi aiheuttaa vaurioita. Led-valaisimissa lämpö johdetaan kuviossa 2 näkyvän lämpönielun ja piirilevyn kautta jäähdytyslementteihin. Jäähdytyslementit on usein suunniteltu suoraan led-valaisimen yhteyteen. Toiseksi on huomioitava, että led-valaisin tarvitsee tavallisen vaihtovirran sijasta tasavirtaa. Tasavirta ledeille toteutetaan virtalähteellä, joka muuttaa verkon vaihtovirran sopivaksi tasavirraksi. Yleisimpiä ledien virta-arvoja ovat 350 mA, 750mA ja 1 A. Mitä suurempi virta lediin syötetään, sen kirkkaammin se valaisee. Viimeisenä on otettava huomioon, että lediteknikka eroaa huomattavasti perinteisten valaisimien tekniikasta ja esimerkiksi säätökäyttöön tarkoitettu ledi ei toimikaan perinteisen lampun säätöjärjestelmässä. (Kallasjoki 2017.) Ledeihin siirryttäessä on siis syytä varautua uusimaan suuri osa vanhasta valaistusjärjestelmästä, jotta ledit toimivat oikein ja kestävät käyttöä.

Led-valaisimet soveltuvat erityisesti ulkoalueiden valaistukseen, sillä ne toimivat hyvin kylmässä. Led-valaisimien valotehokkuus päihittää perinteisemmät purkauslamput, niiden värintoisto on erityisen hyvä ja elinikä oikein asennettuna lähenee jopa 50 000 tuntia. Perinteisistä purkauslampuista suurpainenatriumlampun elinikä on pisimmillään noin 20 000 tunnin luokkaa ja monimetalilampun vain noin 15 000 tunnin luokkaa. (Kallasjoki 2017.)

2.2 Lumetusjärjestelmä

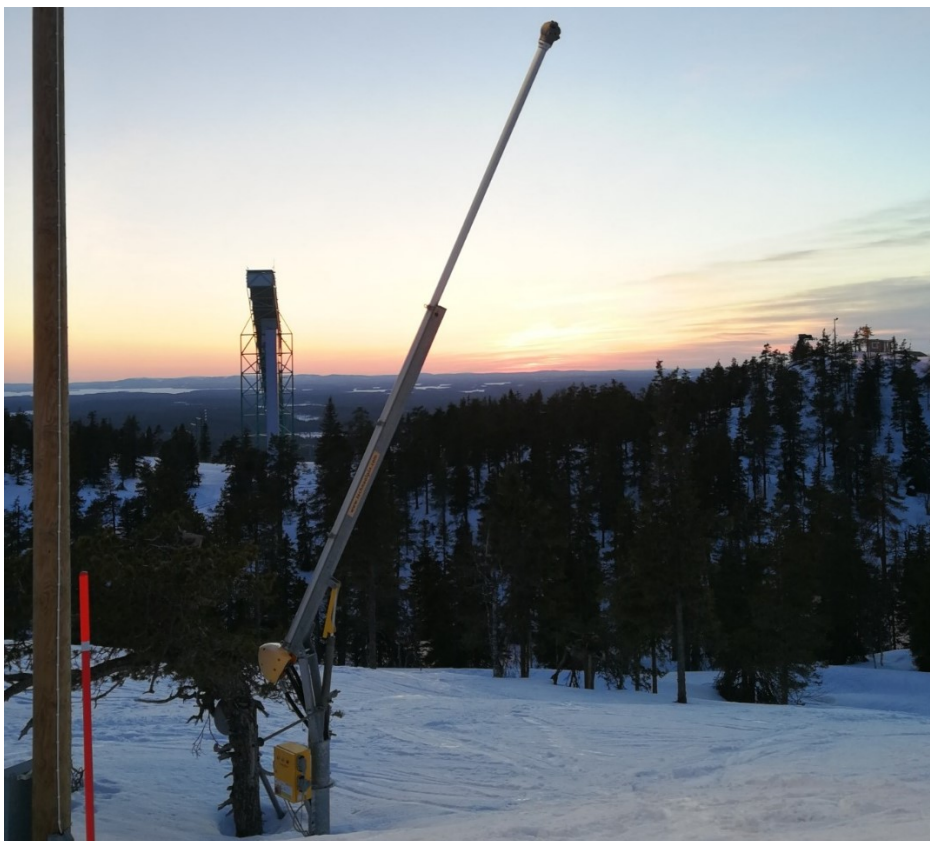
2.2.1 Lumitykit

Lumitykkeitä on olemassa puhallintykkeitä ja hybriditykkeitä ja niillä saadaan hiihtokeskukseen luonnonlunta pysyvämpi lumikerros rinteille. Lumitykeillä tuotettu lumi on luonnonlunta tiiviimpää ja kestää siksi esimerkiksi rinnekoneella tamppaamista ja sulamista paremmin kuin luonnonlumi. Lumitykkien avulla laskettelukausi on mahdollista aloittaa jo aikaisin alkutalvesta ennen luonnonlumiä kelien niin salliessa. Lumetuksen tehokkuuteen ja laatuun vaikuttaa suuresti lumitykkien sijoittelu rinteeseen. (Timonen 2010, 14—15.)



Kuvio 5. Rukan hiihtokeskuksen liikuteltavia Technoalpin T60 ja T40 puhallintykkejä.

Puhallintykki on paras vaihtoehto pienille pakkasille. Sillä voidaan aloittaa lumettaminen jo 0—5 pakkasasteen tuntumassa. Lumen tuotto on kuitenkin pienillä pakkasasteilla vain kohtalaista ja paras tulos saavutetaan pakkasen kiristyessä. Puhallintykin toimintaperiaate on, että se sekoittaa veden sekä omalla kompressorilla tuotetun paineilman ja puhalttaa sen suuttimista ilmaan. Puhallintykissä on siis oma kompressor, puhallin ja puhaltimen siipien sekä tykin suuttimien lämmitin. Puhallintykin puhallin, tykin oma kompressor ja suuttimien sekä puhaltimen siipien lämmitys toimii sähköllä. (Timonen 2010, 14—15.)



Kuvio 6. Rukan hiihtokeskuksen Technoalpin V3 lance mallinen kiinteästi asennettu hybriditykki.

Kuviossa 6 esiintyvä hybriditykki on puhallintykkiä energiatehokkaampi vaihtoehto, mutta se vaatii alhaisemman lämpötilan lumetuksen aloitukseen. Paras tuotto hybriditykillä saavutetaan, kun ilman lämpötila laskee alle -9°C . Hybriditykit ovat yleensä pitkiä ja korkeita tolppia, joiden päässä on lumitykin suuttimet. Hybriditykeissä ei ole erillistä puhallinta ja ne toimivat vedenpaineen ja paineilman perusteella. Hybriditykeissä sähköä kuluu siis paineilman tuottamiseen kompressorikeskuksessa sekä vedenpaineen ylläpitämiseen pumppaamalla. (Timonen 2010, 14—15.)

2.2.2 Veden pumppaus ja jäähdytys

Lumetuksessa käytetystä energiasta suuri osa kuluu veden pumppaukseen vedenottopisteeltä lumitykeille. Vettä täytyy pumpata oikea määrä, sillä liiallinen vesi heikentää lumetuksen laatua. Veden virtausta pystytään säätämään kuristamalla, taajuusmuuttajalla tai ohivirtaussäädöllä. Näistä taajuusmuuttajalla tehty säätö on kaikkein energiatehokkain, mutta investointina kallein vaihtoehto. Ohivirtaussäätöä tulee välttää viimeiseen asti, koska se on tehoton säätötapa. Kuristussäätö on helposti ja halvalla toteutettavissa, mutta se ei ole energiatehokas tapa. Lumetusvesi täytyy

pumpata lumitykeille mahdollisimman alhaisessa lämpötilassa, jotta lumitykiltä lähtevät vesipisarat jäätyisivät mahdollisimman nopeasti. Riittävän alhainen lämpötila lumetusvedelle voidaan taata vedenjäähdytysjärjestelmällä, jonka avulla lumetus voidaan aloittaa jo aikaisin alkutalvesta. (Timonen 2010, 16.)

2.2.3 Paineilma

Paineilmaa tarvitaan lumetuksessa erityisesti hybriditykkeitä käytettäessä. Se tuotetaan kompressorikeskuksessa ja tarve paineilmalle vaihtelee lumetukseen käytettävän ajan mukaan. Paineilma lumetuksessa auttaa vesipisaroita jäätymään nopeammin suuttimilta lähtemisen jälkeen rikkoen vesipisarat pienemmäksi, jolloin pisaroiden jäätymisaika vähenee ja pisarat ehtivät jäätyä ennen maahan putoamista. Kompressorista vapautuu paljon lämpöä, joka kannattaa kerätä talteen lämmöntalteenotolla. Riittävän kovalla pakkasella paineilma voidaan kytkeä hybriditykeiltä pois, jolloin tykit toimivat vain vedenpaineella. (Timonen 2010, 14, 17.)

Taulukko 1. Paineilmajärjestelmän mahdollisten ilmavuotojen vaikutus kustannuksiin
(Energiatehokas paineilmajärjestelmä osa 2/2 n.d.)

Relän läpimitta (mm)	Relän poikkipinta-ala (mm ²)	Ilmamäärä (m ³ /min)	Kustannus (€/a)
1	0,79	0,064	179
1,5	1,77	0,145	406
2	3,14	0,257	720
3	7,07	0,578	1618
4	12,57	1,028	2878
5	19,64	1,606	4497
6	28,27	2,313	6476
8	50,27	4,112	11514
10	78,54	6,425	17990
12	113,10	9,252	25906

Taulukossa 1 on kuvattu tilanne, jossa paineilmajärjestelmän käyttöpaine on 6 bar, ilmanpaine 1 bar, kompressorin ominaisteho 7kW/m³/min, vuoden käyttötunnit 8000 tuntia ja sähköenergian hinta 50 €/MWh. Kuten taulukosta 1 huomataan, jo pienet ilmavuodot paineilmajärjestelmässä

aiheuttavat huomattavan lisän paineilman tuotannon laskuun. Paineilman tuottaminen on muutenkin hyvin kallista hyötysuhteeseen nähden. Paineilman tuottoon käytetystä sähköenergiasta saadaan paineilmaksi vain noin 10 % luokkaa. Paineilmajärjestelmän vuodot tulisi tarkistaa säännöllisesti ja mahdollisia vuotoja voidaan seurata asentamalla painehäviömittauksia paineilmaverkoston eri osiin. Paineilman ylituotto on myös energiatehokkuuden kannalta haitallista. Jo 1 bar pienemmällä kokonaispaineella voidaan saada 6—8 % säästö sähkönenergian kulutuksessa. Paineilman tuotossa suurimmat kustannukset syntyvät paineilmakompressorin käytön energiakustannuksista. Kompressorin kokonaiskustannuksista viiden vuoden aikana hankkimiskustannuksien osuus voi olla alle 10 %, kun taas käyttämisen energiakustannukset jopa 60 %. Taulukosta 1 huomataan myös, että paineilmajärjestelmän kuntoa on tärkeä seurata mahdollisten ilmapuotojen minimoimiseksi. Näin saadaan säästettyä paineilman tuottamiseen käytetyssä energiassa suuriakin määriä. (Energiatehokas paineilmajärjestelmä osa 1/2 n.d.; osa 2/2 n.d.)

2.3 Hiihtohissit

Hiihtohissit kuluttavat suuren osan keskuksen käytetystä sähköenergiasta, mutta niiden kulutus on hyvin tasaista sekä käyttöaika vuodessa vain noin 500—1000 tuntia. Hissien moottorit on varustettu nykyisin usein taajuusmuuttajalla, jonka avulla hissiä voidaan käyttää myös kovissa tuuliolosuhteissa säätämällä hissin nopeutta alhaisemmaksi. Taajuusmuuttajalla hissin käynnistyminen on myös moottorille parempi vaihtoehto. Taajuusmuuttajalla hissin nopeuden säätäminen on helpoin tapa vähentää hissien energiankulutusta, mutta haasteena on löytää sopiva piste energiatehokkuuden ja hissikapasiteetin välillä. (Timonen 2010, 19.)

2.4 Hiihtokeskuksen kiinteistöt

Hiihtokeskuksen kiinteistöihin lukeutuu muun muassa hissikopit, huolto- ja konehallit, vedenpumppaamot ja paineilmakeskus. Hiihtokeskuksen omistuksessa voivat olla myös eri hotellit, vuokraamot ja muut asiakaspalvelurakennukset kuten rinneravintolat. Hiihtokeskuksen kiinteistöt ovat usein lämmitetty suoralla sähkölämmityksellä. Sähkölämmitteisten hissikoppien energiansäästöihin vaikuttaminen on helpointa alentamalla hissikopin sisälämpötilaa. Kopeissa oleskellaan usein ulkovaatteissa, jolloin kopin lämpötilaksi riittää helposti 16—18 asteen lämpötila. Lisäsäästö on

mahdollista helposti kellokytkimien avulla, joilla ohjataan kopin lämpötila yön ajaksi alhaisemmaksi. Jo 1 asteen pudotus ylläpidettävään lämpötilaan voi vaikuttaa 5 % verran säästöä sähkölaskuun. (Timonen 2010, 26.)

Sähkölämmitteisissä rakennuksissa Timonen (2010) mainitsee lämmityksen osittaiseksi hyväksi korvaajaksi ilmalämpöpumput. Ilmalämpöpumppujen hyödyntäminen käy helposti ja kannattavasti. Ensinnäkin ilmalämpöpumppujen teho voi riittää jopa 40—60 % lämmitykseen riippuen kiinteistön lämmitettävästä pinta-alasta. Ilmalämpöpumpun yhdistäminen sähkölämmityksen lisäksi on tehokas yhdistelmä. Ilmalämpöpumppu asennetaan yleensä jonkin toisen lämmitysmuodon rinnalle, sillä yksistään ilmalämpöpumppu ei sovellu kiinteistön lämmitysjärjestelmäksi. Sähkölämmityksen ja ilmalämpöpumpun lämmityksen jako voi olla esimerkiksi 50 % ilmalämpöpumpulla ja toiset 50 % kiinteistön sähkölämmityksellä. (Ilmalämpöpumppu on sähkölämmityksen paras kaveri 2018; Timonen 2010.)

Kiinteistöjen energiatehokkuutta tarkastellessa on syytä huomioida kiinteistöjen energiankulutuksen koostuminen monesta eri tekijästä. Energiatehokkuuden tarkastelu kiinteistöillä onnistuu vain, jos käytetty energia mitataan riittävän tarkasti. Tärkeimpiä energiankulutuksen mittauksia ovat ensinnäkin tilojen sekä käyttöveden lämmityksen energiankulutus. Tärkeitä mitattavia suureita ovat myös sekä ilmanvaihdon ja jäähdytyksen energiankulutukset, että valaistuksen ja LVI-laitteiden energiankulutukset. Energiatehokkuutta tarkastellessa on syytä verrata laskennallisia tuloksia mitattuihin tuloksiin. (ToVa käsikirja 2007, 62—64.)

3 Energian mittaus

3.1 Sähköenergia

3.1.1 Yleistä

Sähköenergian mittaus on tarkoin säädeltyä EU:ssa erilaisilla direktiiveillä, standardeilla ja viranomais määräyksillä. Maakohtainen vapaan sähkökaupan toteutus sekä siihen liittyvät sähkön hinnoittelu, myyntiehdot ja mittausohjeet vaikuttavat sähköenergian mittaamiseen. Suomessa on lähivuosina kehitetty paljon sähkön mittaamista sääteleviä asetuksia sekä ohjeita mittausten tekemiseksi. (Kauppi, Reinikainen & Ylinen, 2017 17—20.)

Sähköenergian mittareille on olemassa paljon mittarien valmistukseen ja käyttöön vaikuttavia määräyksiä. Suomessa käytössä olevien mittareiden on oltava sekä kansainvälisten että suomalaisten standardien mukaisia. Sähköenergian mittareiden asennusta suunniteltaessa on otettava huomioon mittamuuntajien tarve. Suoraa sähköenergian mittausta käytetään tilanteessa, jossa mittaria ennen olevan sulakkeen koko on maksimissaan 63 A. Suorassa mittauksessa virta kulkee kWh mittarin kautta. Jos pääsulakekoko on yli 63 A, pienjännitekohteessa siirrytään virtamuuntajamittaukseen. Virtamuuntajien nimellistoisiovirta yleisimmin on 5 A. Erityistapauksissa voidaan käyttää 1 A:n toisiovirtaa. Sähkönkäyttäjän ostaessa sähköön suurjännitteellä, mittaukseen tarvitaan jännitemuuntajat sekä virtamuuntajat. (Kauppi & muut 2017, 17–20.)

Elektroniset mittarit ovat ominaisuuksiensa vuoksi tulleet perinteisten induktiomittareiden tilalle. Etäluettavien elektronisten mittareiden hyötyjä ovat esimerkiksi erinomainen mittaustarkkuus, vapaa ohjelmointi, monipuoliset toiminnot, mittauksen kunnonvalvonta sekä mittausautomaatioon soveltuvuus. Elektronisten mittareiden etuna on myös niiden huoltovapaus, eli ne eivät tarvitse määrääikaishuoltoa. (Kauppi & muut 2017, 17–20.)

3.1.2 Mittausautomaatio ja etäluenta

Sähköenergian mittauksen merkitys on kasvanut vapaan sähkökaupan aiheuttamana. Ennen mittausautomaatioita mittareiden luenta hoidettiin yleensä muutaman kerran vuodessa. Tästä johtuen laskutus tapahtui arvion perusteella ja käytettiin tasaaslaskua sekä markkinaosapuolten tasehallinnassa tehtiin paljon ylimääräistä työtä. Nykyään mittareita luetaan useammin ja sähkönkäyttäjän laskutus perustuu toteutuneeseen kulutustietoon ilman arvioita ja tasauksia. (Kauppi, Reinikainen & Ylinen 2017, 25.)

Automaattisen mittariluennan ja tiheämmän lukuvälin avulla sähkönkäyttäjä pystyy entistä helpommin vaikuttamaan omaan sähkönkäyttöön ja näin saada mahdollisesti omaa energiankulutusta alaspäin. Sähkönkäyttäjälle laskutus on selkeämpää ja käyttäjä pystyy vaikuttamaan energiansäästöihin toimittajalta saatavien kulutusraporttien avulla. Reaaliaikaisesta energiankulutuksien ja verkon kuormituksen seurannasta on hyötyä niin sähköverkon haltijalle, sähköntuottajalle kuin kansantaloudelle. Seurannan avulla pystytään vaikuttamaan energiansäästöihin, kulutusjoustoon ja ilmastonmuutokseen päästöjen pienentymisien johdosta. (Kauppi & muut 2017, 25–26.)

Etäluentaan soveltuu nykypäivänä lähes mikä tahansa kWh-energiamittari. Mittarit keräävät mitaustietoa ja tallentavat sen joko omaan sisäiseen muistiin tai siirtävät tiedon mittauspäätteelle, jossa voi olla monen mittalaitteen tiedot kootusti. Mittarin muistiin tallentuneet energiankulutus-tiedon voidaan lukea mittarilta milloin vain. Tiedonsiirto mittareilta esimerkiksi seurantajärjestelmään tai toimittajalle onnistuu muun muassa GSM-, GPRS- tai PSTN-modeemilla. Nykyisin käytetään enää harvemmin mittauspäätteitä ja mittareissa on usein yhdistettynä mittarin ja päätelaitteen ominaisuudet integroituna. (Kauppi & muut 2017, 25—26.)

3.1.3 NIALM mittaus

NIALM tulee englannin kielestä lyhenteenä sanoista Non-Intrusive Appliance Load Monitoring, joka suomeksi tarkoittaa sähkölaitteiden seurantaan ilman, että jokaiselle sähkölaitteelle asennetaan omaa mittalaitetta. Yksittäisten sähkölaitteiden energiankulutuksen mittaus perinteisellä kWh-mittauksella on haastavaa ja kallista, sillä jokaisen seurattavan sähkölaitteen syöttövirtajohd- toon olisi asennettava oma kWh-mittari. kWh-mittari kerää mittausdatan ja siirtää sen tiedonsiir- toväylää pitkin mittausdatan keruupisteeseen eli mittauspäätteelle. Vaihtoehtoinen ratkaisu seu- rata sähkölaitteiden kulutusta on asentaa sähkökeskukseen keskitetty mittausdatan mittalaite. Mittalaite asennetaan sähkökeskuksen syöttöjohtoihin ja se mittaa suurella taajuudella pätö- ja loistehojen arvoja. Tehoja mittaamalla mittalaite analysoi keräämästään datasta laitteiden kytken- töjä pois ja päälle. Mittalaitteen keräämistä tiedoista muodostetaan laitteille tehonmuutoksen suuruuden ajan funktiona kertovia kuormituskäyriä. Näiden kuormituskäyrien perusteella pysty- tään erottamaan eri sähkölaitteet. NIALM-mittaus toimii erityisesti jo olemassa olevien sähköjär- jestelmiin kytkettyjen sähkölaitteiden kulutuksen seurantaan ja ajalliseen sähkönkulutuksen ana- lysointiin. Mittauksella kerätyt sähkönkulutukset eivät ole kaikista tarkimpia, mutta mittautapa on tosin yksinkertainen ja helppo sekä halpa toteuttaa verrattuna laitekohtaiseen kulutuksen seu- rantaan. (ToVa-käsikirja 2007, 144; Hiltunen 2010, 40.)

3.2 Kaukolämpö

Kaukolämmön energiamittausta säädellään sähköenergian mittausten tavoin eri säädännöillä ja määräyksillä. Kaukolämpöenergian mittauslaitteet ovat kaukolämmön myyjän omaisuutta, ja myyjä vastaa myös mittauksen asennuksesta ja huoltamisesta. Tätä nykyä kaukolämpöenergian

kulutuslukemat siirtyvät asiakkaalta myyjälle etäluennan avulla. Kaukolämmön energiankulutuksen etäluenta mahdollistaa kulutuksen mukaisen laskutuksen asiakkaalta. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 107.)

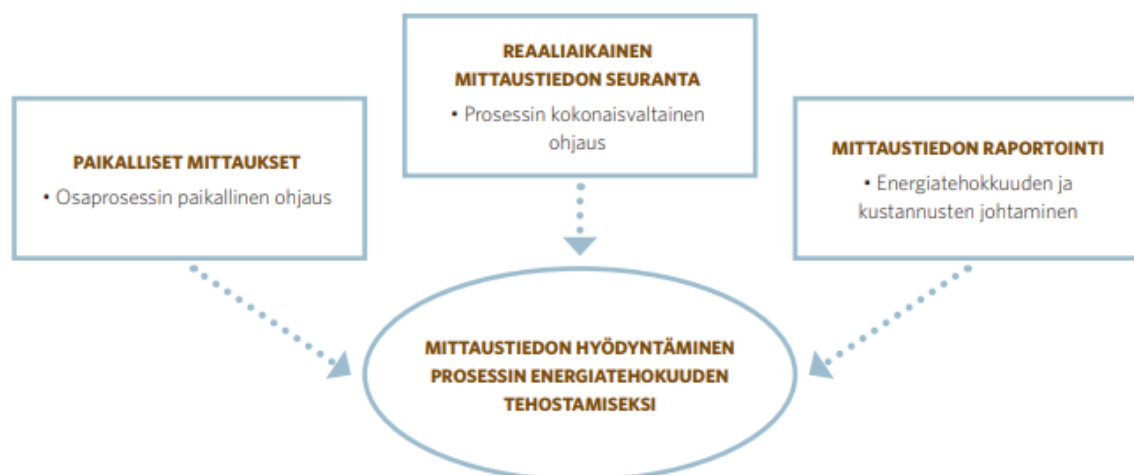
Kaukolämmön myyjälle tärkeitä mitattavia tietoja ovat meno- ja paluuveden lämpötilat, veden virtausnopeus, lämpöhäviöiden suuruudet sekä kaukolämpöverkostosta katoavan veden määrä. Näistä lämpötilojen ja virtauksen mittaus antaa myydyn energian määrän. Kaukolämmön energiamittari mittaa meno- ja paluuveden lämpötilat ja saa laskettua niiden erotuksen. Virtausmittauksen energiamittari saa paluuveden putkeen asennettavasta mittauksesta. Lämpötilojen erotuksen, veden virtausnopeuden ja veden tiheyden perusteella energiamittari osaa laskea käytetyn energiamäärän. Mittarit saavat veden tiheyden selville paluuveden lämpötilan perusteella. (Värjä & Mikola 1999, 31—32.)

Haasteita kaukolämmön energiamittauksessa tuottaa mittausten tarkkuus sekä energiamittarin tekemä laskennan tarkkuus. Kaukolämmön energiamittaukseen käytettävät lämpötila-anturit ovat melko hitaita reagoimaan lämpötilamuutoksiin ja varsinkin pienet lämpötilan muutokset on vaikeita mitata tarkasti. Nopeat vaihtelut virtauksessa ja lämpötiloissa ovat antureille ja virtausmittarille hankalia havaita. Kaukolämmön energiamittauksesta on kulutuksen mukaisen laskutuksen lisäksi hyötyä energiansäästömahdollisuuksien kartoitukseen sekä energian kulutuksen vähentämiseen. (Mäkelä & Tuunanen 2015, 108.)

Lämmönmyyjän omistaessa mittauslaitteet, vain myyjällä on valtuudet suorittaa muutoksia tai asentaa uutta tekniikkaa mittaukseen. Jos esimerkiksi asiakas tahtoo reaaliaikaisempaa tietoa kulutuksesta omaan kiinteistöautomaatioon tai energianhallintajärjestelmään, on asiakkaan sovittava muutoksista kaukolämmönmyyjän kanssa. Mittaustietoa voidaan siirtää energiamittarilta suoraan asiakkaalle, mutta tällaisessa tapauksessa myyjällä ei ole vastuuta tietojen oikeellisuudesta. Tiedonsiirtoyksiköstä kiinteistöautomaatioon tai energianhallintajärjestelmään asiakkaan on itse huolehdittava, että tiedot siirtyvät oikeansuuruisina haluttuun paikkaan. (Suositus K13/2008 2008, 35—36.)

3.3 Seurantajärjestelmä

Energianseurantajärjestelmien yleinen pääperiaate on koota mitattujen energiankulutusten tiedot järjestelmään ja antaa käyttäjälle valmius vaikuttaa sitä kautta oman yrityksen energiatehokkuuteen. Energiatehokkuuden tarkastelemiseksi on tärkeää tuntea yrityksen energiankulutusten ja -kautuminen organisaation sisällä. Tärkeää on myös tunnistaa energiatehokkuuteen ja energiankulutukseen vaikuttavat tekijät. Vaikuttavia tekijöitä hiihtokeskuksessa ovat esimerkiksi hisseihin, valaistukseen ja lumetukseen käytetty sähköenergia sekä kiinteistöjen kuluttama lämpö- ja sähköenergia. Energiankulutukseen ja -tehokkuuteen vaikuttaa usein myös ulkoisia tekijöitä, kuten esimerkiksi ulkolämpötila. (Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta n.d; Timonen 2010.)



Kuvio 7. Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän periaate (Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta n.d.)

Kuviossa 7 on esitetty energianseurantajärjestelmän pääperiaate. Mitattua dataa käytetään hyödyksi toiminnan energiatehokkuuden parantamiseksi tekemällä toiminnan aikaisia säätöjä sekä reagoimalla raportoinnin tietoihin. Hyvin toteutettu energianseurantajärjestelmän kokonaisuus mahdollistaa nopean reagoinnin reaaliaikaisesti toiminnan energiankulutuksien muutoksiin ja sen myötä auttaa parantamaan toiminnan energiatehokkuuden hallintaa. Kerättyä mittausdataa tarkastelemalla voidaan saada selville paljonkin hyödyllistä tietoa toiminnan energiatehokkuudesta ja

siihen vaikuttamiseen myös jälkikäteen. Toiminnan energiaseurannan ja energiatehokkuuden kehittämiseen kannattaa panostaa paljonkin, sillä energiasäästöt näkyvät usein huomattavina säästöinä energialaskuissa. Energiaseurantajärjestelmään ja eri mittauksiin investoiminen maksaa itsensä usein takaisin hyvin nopeallakin aikataululla. (Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta n.d.)

Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankintaan, käyttöönottoon sekä käyttöön on oltava valmis laittamaan riittävästi aikaa ja resursseja. Hankintaa tukemaan kannattaa tehdä valmis suunnitelma. Hankinnassa voi edetä muun muassa kuviossa 8 esitettyjen vaiheiden tavoin.



Kuvio 8. Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta ja käyttöönotto
(Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta n.d.)

Energiatehokkuuden seurantajärjestelmän hankinnassa on ensinnäkin kartoitettava käyttäjän tarpeet seurantajärjestelmälle. Käyttäjän on määritettävä, halutaanko energiatehokkuutta seurata kokonaisuutena, laiteryhmittäin, laitetasolla vai jokaisella näistä. Vaihtoehtoja tarkastellessa jokaisesta olisi syytä tehdä kustannus- sekä kannattavuuslaskelmat selvittääkseen, kuinka yksityiskohdaisen seurantajärjestelmän rakentaminen on kannattavaa. Kun yrityksellä on selkeä kuva halutuista tarpeista ja mitä seurataan, tulee seuraavaksi tarkastella jo olemassa olevia käyttäjän energiamittauksia ja selvittää soveltuvatko ne liitettäväksi järjestelmään. Tärkeää on myös tarkastella ovatko nykyiset mittaukset riittäviä kattamaan käyttäjän tarpeet. Uusien mittauksien kustannuksista pitää muistaa ottaa huomioon myös asennuksesta johtuvat kustannukset. Uusien mittalaitteiden asentaminen voi vaatia muun muassa uusien kaapeleiden vetämistä, läpivientejä ja

virran syöttöä mittauksen lähettimelle. (Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta n.d.)

Reaaliaikaisella energiankulutuksen ja -tehokkuuden mittauksella pystytään seuraamaan toiminnan hetkellistä tilaa sekä vaihteluita kulutuksissa ja energiatehokkuudessa. Reaaliaikaisessa energiatehokkuuden seurannassa on tärkeää osata käsitellä paljon eri muuttujia ja hahmottaa toiminnan kokonaistila sekä pystyä ymmärtämään kokonaistilan muutoksien vaikutusta.

Energianseurantajärjestelmän avulla on helppo todistaa käyttäjän toiminnan muutoksien vaikutusta energiatehokkuuteen. Mittausdatan oikealla analyysillä voidaan myös helposti puuttua laitekokonaisuuksien vikakohtiin. Energiatehokkuuden seurantajärjestelmiin pystyy usein asettamaan visuaalisen ”liikennevalo” ohjauksen, jotta käyttäjän on helpompaa seurata tavoitteen edistymistä tai muutosta energiatehokkuudessa. (Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta n.d.)

Mikäli energianseurantajärjestelmä liitetään jo olemassa olevaan automaatiojärjestelmään, on syytä selvittää nykyisen järjestelmän rakenne. Tärkeää on selvittää, koostuuko nykyinen järjestelmä eri valmistajien ja eri tiedonsiirtomenetelmien kokonaisuuksista. Muun muassa tiedonsiirto eri valmistajien laitteiden sekä järjestelmien ja tiedonsiirtomenetelmien välillä voi olla haastavaa ja kallista toteuttaa. (Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta n.d.)

Energiatehokkuuden seurantajärjestelmän hankinta ei pääty järjestelmän käyttöönottoon, vaan jatkuu myös itse käyttö- ja seurantavaiheeseen. Mittalaitteiden toimivuutta ja luotettavuutta täytyy seurata suunnitelmallisesti. Epäluotettavat mittaukset eivät tuo yritykselle hyötyä energiatehokkuuden parantamiseen, sillä usein virheelliset mittaukset eivät motivoi työntekijöitä kiinnittämään huomiota niihin. Mittausten seuranta on otettava osaksi koko henkilökunnan tehtäviä siltä osin, ketkä niiden parissa useimmiten työskentelee ja sovittava käytännön menetelmät mittauksien seurantaan. Tällaisen menettelyn seurauksena mittauksissa tapahtuviin poikkeamiin voidaan reagoida viipymättä ja saadaan energiatehokkuuden tavoittelemisen osaksi myös työntekijöiden arkea. Energiatehokkuuden seurantajärjestelmä tarvitsee kokonaisuudessaan jatkuvaa kunnossapitoa ja päivitystä. Energiatehokkuuden tavoitetasot ja raja-arvot on tarkistettava vuosittain ja päivitettävä vastaamaan uusia, jotta energiatehokkuuden tavoittelu pysyy jatkuvana. Järjestelmästä

on myös tärkeää kerätä käyttäjien palautetta, jotta sitä pystytään kehittämään esimerkiksi helppokäyttöisemmäksi. Kaikkia järjestelmää käyttäviä on muistettava kouluttaa järjestelmän käyttöön ja energiatehokkuuteen liittyen riittävästi. (Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta n.d.)

4 Työn toteutus

4.1 Energiaseurannan nykytilan kartoitus

Opinnäytetyön ensimmäisenä tavoitteena oli kartoittaa energiaseurannan nykytila. Energiaseurannan nykytilan kartoituksessa ensimmäisenä tutkittiin Pyhätunturilla käyttöönottovaiheessa olevaa EnerKey -energianseurantapalvelua ja sinne luotuja seurantapistettä. Seurantapistettä on luotu sähköliittymäkohtaisesti jokaiselle sähköliittymälle ja seurantapisteseen on liitetty kyseisen sähköliittymän yhteydessä oleva kWh-energiamittari. Energiamittarin mittaama toteutunut sähkönkulutus tulee järjestelmään näkyville sähkönmyyjän toimittamana parin päivän viiveellä.

Energianseurantapalvelusta sähköliittymäkohtaisia energiankulutuksia tarkastelemalla, kulutuksista pystyi erottamaan jaksottaisia jatkuvia suurempia kulutuksia kuin muin aikoina. Nämä suuremmat kulutusjaksot oli helposti tunnistettavissa lumetukseen liittyväksi niiden luonteen perusteella. Tällä tavoin pystyttiin hahmottamaan sähköliittymät, jotka ovat kytköksissä lumetusjärjestelmään käytettävään sähköön. Samalla tavoin kulutuskäyriä hiihtokeskuksen aukioloaikojen mukaan tarkastelemalla pystyi erottamaan hisseille ja valaistukselle sähköä syöttäviä sähköliittymiä. Kulutustietojen pohjalta tehdyt päätelmät sai varmistettua todenmukaiseksi itse sähköliittymien sijainteja tarkastelemalla.

Energiaseurannan nykytilan kartoituksessa tärkeänä apuna oli Pyhätunturin työntekijät, joiden kanssa kokonaisuutta katsottiin Teams-palavereiden välityksellä. Teams-palavereiden välityksellä saatiin selville myös sähkönkulutuksien omat alamittaukset ja niiden sijainnit. Kokonaiskuvan hahmottamiseen käytettiin miellekarttaa, josta käy ilmi sähköliittymät, niiden koot sekä kohteet, joille kyseisistä sähköliittymistä ohjataan sähköä. Miellekartasta käy ilmi myös alamittausten kohteet. Kartan todenmukaisuus tarkistettiin yhdessä Pyhätunturin asiantuntevan työntekijän kanssa ja todettiin oikeaksi.

4.2 Valaistuksen ohjauksen selvitys

Opinnäytetyön toisena tavoitteena oli selvittää Pyhätunturin rinnevalaistuksen ryhmittely sekä ohjaus ja luoda niistä selkeä dokumentaatio. Yhdessä Pyhätunturin työntekijän kanssa saatiin selville, että ryhmittelystä on valaistuksen ohjausjärjestelmässä karttakuva. Karttakuva ja ohjauksen ryhmittely oli havainnollistava, mutta hieman epäselkeä. Rinteiden nimitykset karttakuvassa ja ohjauksessa osittain erosivat nykyisin käytössä olevista rinteiden nimityksistä. Työntekijän avulla käytiin läpi ohjausjärjestelmän toiminta ja eri asetusten vaikutus valaistukseen.

4.3 Dokumentointi

Kokonaiskuvan hahmottamisen yhteydessä luotu miellekartta kokonaisuudesta toimii hyvänä dokumenttina hahmottamaan sähköenergiaseurannan sekä sähkönjakelun nykytilaa Pyhätunturilla. Miellekartan ja saatujen tietojen pohjalta luotiin myös selkeä PowerPoint-tyylinen dokumentti Pyhätunturin energiaseurannan nykytilasta sekä sen organisoinnista ja kehitysideoista.

Valaistuksen ohjausta selkeyttämään luotiin selkeä PowerPoint-tyylinen selvitys valaistuksen ohjauksen toiminnasta. Dokumentissa on esitetty valaistuksen ohjauksen jaottelu rinteiden nykyisillä nimityksillä, hämäräkytkimien asetusten vaikutus sekä eri mittauspisteiden vaikutusalueet valaistuksen ohjaukseen. Dokumentissa on selostettu myös järjestelmän toimintaa sekä nykyistä käyttötoimintaa.

4.4 Hiihtokeskuksen suurimmat energiankulutuskohteet

Hiihtokeskuksen suurimpien energiankulutuskohteiden selvittämiseksi keskuksen käytössä olevista laitteista kerättiin tehotiedot ja kappalemäärät. Tehotietojen ja kappalemäärien perusteella saatiin tarkasteltua tehojakaumaa ja sen myötä myös energiankulutusjakaumaa. Seuraavissa taulukoissa on esitetty Pyhätunturilla käytettävien laitteiden tehotietoja lumetusjärjestelmän, hissien ja valaistuksen osalta.

Taulukko 2. Lumetusvesipumppujen tiedot (salassa pidettävä)

Taulukko 3. Tiedot lumitykeistä (salassa pidettävä)

Taulukko 4. Paineilmakompressorin tiedot (salassa pidettävä)

Taulukko 5. Tiedot hisseistä (salassa pidettävä)

Taulukko 6. Valaisimien tiedot (salassa pidettävä)

Edellä esitettyjen taulukoiden tiedot Pyhätunturin käytössä olevista laitteista on kerätty eri lähteiden pohjalta. Lumitykkien tehotiedot on saatu valmistajan mallien esitteistä ja muiden laitteiden tiedot Pyhätunturilta saadusta yhteenvedosta. Valaisimien tiedot perustuvat tehojen osalta Pyhätunturin työntekijältä saatuihin tietoihin ja kappalemäärältä laskettuun todelliseen määrään. Tehotarkastelusta hissien osalta tieto jäi uupumaan kahdelta mattohissiltä, eikä valmistajan tietoa löytynyt internetistä. Kyseiset mattohissit ovat kuitenkin muihin hisseihin verrattuna pienikokoisia, joten vaikutus kokonaistehoon ei olisi ollut merkittävä. Kuvioista 9 ja 10 nähdään selvitettyjen laitteiden tehojen jakautuminen keskuksessa osa-alueittain. Merkittävästi suurimpina joukosta erotuvat lumetusveden pumppaamot sekä keskuksen hissit.

Kuvio 9. Kokonaistehon jakautuminen Pyhän hiihtokeskuksessa (salassa pidettävä)

Kuvio 10. Kokonaistehon jakautuminen prosenttiosuuksina (salassa pidettävä)

5 Työn saavutetut tulokset

Työn saavutettuina tuloksina saatiin kartoitettua energiaseurannan nykytila ja valaistuksen ohjaus sekä tuotettua niistä selkeät dokumentit toimeksiantajalle. Energiaseurannan nykytilan kartoituksen yhteydessä saatiin selvitettyä myös Pyhätunturin alueen sähköliittymät ja niiden koot. Sähköliittymien kokojen tiedolla on merkitystä muun muassa sähköliittymäkohtaisissa kuukausimaksuissa sekä energiamittareiden asennusta suunnitellessa. Työssä saatiin selville myös hiihtokeskuksen käytössä olevien laitteiden tehojakaumat sekä energiankulutusjakaumat. Jakaumien avulla pystytään arvioimaan tärkeimmät kohteet energiaseurannan kehittämisen kannalta.

Suurimpien energiankulutuskohteiden selvityksessä saatiin selville, että hiihtokeskuksessa suurin osa käytetystä energiasta kuluu hissien käyttämiseen ja lumetusjärjestelmän toimintaan. Energiankulutustarkastelussa tarkasteltiin tilannetta, jossa kaikki laitteet toimivat maksimitehoarvolla ja kaikki niistä ovat käytössä. Kokonaistehon jakautumisessa (ks. kuvio 10.) huomataan, että yli puolet hiihtokeskuksen laitteiden kokonaistehosta koostuu lumetusjärjestelmästä. Koska laitteita käytetään talven aikana eri tuntimääriä, oli syytä tarkastella myös kokonaisenergiankulutusta arvioitujen käyttötuntien mukaan. Taulukossa 7 on esitetty laitteiden arvioidut käyttötunnit kauden aikana ja niiden perusteella laskettu kokonaisenergiankulutus kaudelle. Käyttötunnit laitteille arviointiin Timosen (2010) raportissa esitettyjen muiden hiihtokeskusten laitteiden arvioitujen käyttötuntien mukaan. Kuviosta 11 nähdään kokonaisenergiankulutuksen jakautuminen osa-alueittain ja voidaan huomata, että suurin osa energiasta kuluu lumetusveden pumppaukseen sekä hissien käyttämiseen.

Taulukko 7. Arvioidut käyttötunnit ja käytetty energia kaudessa (salassa pidettävä)

Kuvio 11. Käytetyn energian jakautuminen Pyhän hiihtokeskuksessa arvioitujen käyttötuntien mukaan. (salassa pidettävä)

6 Pohdinta

6.1 Luotettavuus

Tehotietojen tarkastelussa käytetyt tiedot laitteiden tehoista ovat valmistajan antamia arvoja ja niiden toteutuminen todellisuudessa voi poiketa ilmoitetusta. Energiankulutusjakauman tarkastelussa on kuvattu tilanne, jossa kaikki laitteet ovat samaan aikaan käytössä ja niitä käytetään täydellä teholla. Tällainen tilanne harvoin toteutuu, mutta on kuitenkin mahdollista. Ei ole myöskään varmuutta siitä, kuinka esimerkiksi ulkolämpötila vaikuttaa toteutuneisiin tehoihin ja kulutuksiin. Energiankulutusjakaumassa on myös käytetty arvioituja käyttötunteja kauden aikana. Tämä voi antaa vääriä tuloksia, mikäli jonkin osa-alueen käyttötunnit ovat arvioitu paljonkin erilaiseksi todellisesta. Tällöin kuviossa 11 esitetyt energiankulutusjakaumaprosenttien suhteet voivat muuttua. Energiankulutusjakauman ulkopuolelle on jäänyt myös hiihtokeskuksen kiinteistöt, eikä niiden osuutta energiankulutusjakaumasta pystytty tarkastelemaan. Kiinteistöjen tarkastelu ei onnistunut, koska eriteltyjä kiinteistöjen tehotietoja tai alamittauksia ei ollut saatavilla.

Energiamittareiden mittauksissa esiintyy muiden mittareiden tavoin aina jonkin suuruinen mittausvirhe. Mittausvirheet esittävät nimensä mukaisesti virheellisen mittauksituloksen. Mittausvirheet voivat johtua viallisista mitta-antureista, mittarin laskutoimituksien virheistä tai virheellisestä asennuksesta. Virheellisten mittauksien tunnistaminen Energianseurantajärjestelmästä on erityisen tärkeää ja niitä voidaan havaita poikkeuksellisina kulutuspiikkeinä tai -laskuina. Energiatehokkuuden seurannan kannalta on oleellista, että energiatehokkuutta kuvaavat mittaukset toimivat luotettavasti.

Työn tietojen luotettavuuteen voi vaikuttaa negatiivisesti lähes kokonaan etänä tehty työ toimeksiantajalle. Esimerkiksi kaikkien laitteiden tehotietoja, energiamittausten sijainteja tai käytettävien laitteiden lukumäärää ei päästy paikan päälle todistamaan vallitsevan pandemiatilanteen takia. Käytettävistä laitteista tai järjestelmistä olevia dokumentteja ei ollut juurikaan saatavilla, joten

energiankulutuksen kokonaiskuvan hahmottaminen oli lähes täysin Teams-palavereissa saatuihin laitteiden tehotietoihin, kertomuksiin laitekokonaisuuksista ja järjestelmien havainnointiin perustuva.

6.2 Johtopäätökset ja kehittämis ehdotukset

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli kartoittaa Pyhän hiihtokeskuksen energiaseurannan nykytila ja dokumentoida se. Nykytilan kartoituksen pohjalta huomattiin, että energiaseurannan tämänhetkinen tila on hyvin perustasolla. Kartoituksen ja energiankulutusjakauman perusteella pystyttiin tuottamaan kehitysideoita seurannan kehittämiseksi, sillä niistä huomattiin puutekohdat sekä kohteet joihin seuranta kannattaa keskittää. Energiankulutusjakaumasta (ks. kuvio 11.) huomataan, että hiihtokeskuksen lumetukseen kuluu suurin osa käytetystä energiasta. Energiaseurannan kehitystä tulevaisuudessa kannattaa keskittää siihen, sillä se on selkeästi suurin muuttuja ja kuluerä hiihtokeskuksen toiminnassa. Tärkeää on, että lumetusjärjestelmä toimii mahdollisimman energiatehokkaasti. Lumetusjärjestelmän energiatehokkuutta mittaavia suureita ovat muun muassa lumetusvesipumppujen, paineilmakompressorin ja lumitykkien sähkönkulutukset. Lumetusjärjestelmän energiatehokkuuden mittauksessa tärkeä mittaus on myös lumetusveden määrä.

Energiaseurannan nykytilan kartoituksessa kävi ilmi, että Pyhätunturin alueella omia sähkönkulutuksen eri alamittauksia on 21 kappaletta muun muassa vuokralaisten laskutusta varten. Alamittauksille omien seurantapisteen luominen ja kulutustietojen syöttäminen EnerKey -järjestelmään antaisi heti tarkempaa ja havainnollistavampaa sähkönkulutuksen jakaumaa. Omien alamittausten liittäminen kiinteistöautomaatioon esimerkiksi asuntovaunupaikkojen tavoin helpottaisi kulutuksen vientiä EnerKey -järjestelmään. Vaunupaikoilla jokaisen vaunupaikan sähköenergiankulutusmittaus on liitetty kiinteistöautomaatioon ja vaunupaikkojen kokonaiskulutuksen pystyy näin lukemaan ilman jokaisen paikan kiertämistä. Alamittausten liittämisellä kiinteistöautomaatioon, mittareiden manuaalisen lukemisen tarve poistuu. EnerKey -järjestelmään omien alamittausten liittämisen lisäksi uusia alamittauksia kannattaa asentaa suurille energiankulutuskohteille, kuten hissien, lumetusvesipumppujen, paineilmakompressorin ja lumitykkien kuluttamalle sähkölle mahdollisuuksien mukaan. Myös valaistuksen kuluttaman sähkön mittaus on hyödyllinen tieto energiatehokkuuden näkökulmasta, jotta esimerkiksi turhan valaistuksen sähköenergiankulutusta pystytään seuraamaan ja vähentämään. Valaistukselle ja lumetukselle uusien alamittausten toteutus olisi kannattavaa aloittaa PyhäExpress ala-aseman ja Perherinteiden sähköliittymiltä, joissa sähkön

jakelu on eritelty lumetukselle ja valaistukselle syötettävään sähköön. Näiden alamittausten tuottamien mittaustietojen perusteella pystyttäisiin arvioimaan muiden sähköliittymien alamittausten asentamisen kannattavuutta. Alamittauksien avulla pystyttäisiin seuraamaan sähköliittymäkohtaisesti hetkellisiä maksimitehoja. Hetkellisten maksimitehojen pienentäminen alentaisi sähköliittymäkohtaista kuukauden maksimituntitehoon perustuvaa sähkölaskun kuukausimaksua.

Vaikka hiihtokeskuksen kiinteistöt jäivät energiankulutusjakautuksen tarkastelun ulkopuolelle, niiden energiankulutuksen seuranta hiihtokeskuksen energiatehokkuuden kannalta on myös tärkeää. Hiihtokeskuksen kiinteistöt voivat kuluttaa suurenkin osan hiihtokeskuksen käyttämästä kokonaisenergiasta. Kiinteistöissä energiatehokkuudelle tärkeitä mittauksia ovat muun muassa lämmitysenergian, sähköenergian ja jäähdytysenergian mittaukset. Näitä mittauksia kannattaa mahdollisuuksien mukaan pyrkiä jakamaan vielä lämmitysenergian osalta huonetilojen lämmitysenergiaan, käyttöveden lämmitysenergiaan sekä sähkölämmityksen energiankulutukseen. Sähköenergian osalta mittauksia kannattaa jakaa esimerkiksi valaistuksen kuluttamaan sähköön, kiinteistösähköön ja muuhun käytettyyn sähköenergiaan. Isoissa kiinteistöissä tärkeitä energiatehokkuuden mittaushetkiä ovat myös ilmalämpöpumppujen kuluttama sähköenergia sekä kiinteistösähköstä eritelty ilmanvaihdon kuluttama sähköenergia.

EnerKey -energianseurantapalvelua tarkastellessa nykytilan kartoituksen yhteydessä huomattiin, että järjestelmään asetetut sähköliittymäkohtaisten seurantapisteiden kohteet oli kuvattu hyvin suppeasti. Varsinkin sähköenergian kulutuksien tarkastelussa sähköliittymäkohtaisen kokonaiskulutuksen summan hahmottaminen helpottuisi, mikäli kohteille kuvataan tarkemmin, minne kaikille kyseisestä sähköliittymästä sähkönjakelu on toteutettu. Näin ollen myös uusien alamittausten suunnittelu helpottuisi.

Energiaseurannan nykytilan kartoituksen yhteydessä huomattiin myös, että hiihtokeskuksen kiinteistöistä tai laitteista ei ollut juurikaan minkäänlaisia dokumentteja saatavilla ja saatavilla olevat dokumentit eivät olleet koottuna tietyssä sijainnissa. Tämän lisäksi suuri osa kiinteistö- ja laitteistotiedoista on tällä hetkellä vain niiden parissa työskentelevillä henkilöillä. Tulevaisuudessa olisi järkevää luoda hiihtokeskuksen kiinteistöille ja laitteille sähköinen huoltokirja. Tästä voisi olla tulevaisuudessa hyötyä muun muassa energiasurannan organisoinnissa. Automaattinen ja reaaliaikai-

nen energianseurantajärjestelmä vaatii järjestelmällistä ja suunniteltua seurantaa ja kunnossapitoa, jotta mittaukset pysyvät luotettavina ja toimivat oikein. Sähköisen huoltokirjan avulla energianseurantajärjestelmän kunnossapito pystytään suunnittelemaan ja seuraamaan suunnitelman toteutumista. Huoltokirjan etuina olisi myös hiihtokeskuksen muiden laitteiden ja kiinteistöjen toteutuneiden ja toteutumattomien huoltojen helpompi seuranta. Sähköisellä huoltokirjalla hiihtokeskuksen kiinteistöjen ja laitteiden dokumentit pystyttäisiin kokoamaan järjestelmälliseksi tietokannaksi, josta laite- tai kiinteistötiedot olisivat helposti saatavilla esimerkiksi huoltohenkilökunnan käyttöön.

Lähteet

Energiatehokas paineilmajärjestelmä osa 1/2. N.d. Koulutusmateriaali. Motiva. Viitattu 26.4.2021.

http://www.motiva.fi/files/1568/Energiatehokas_paineilmajarjestelma_OSA1.pdf.

Energiatehokas paineilmajärjestelmä osa 2/2. N.d. Koulutusmateriaali. Motiva. Viitattu 26.4.2021.

http://www.motiva.fi/files/1569/Energiatehokas_paineilmajarjestelma_OSA2.pdf.

Energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmän hankinta. N.d. Motiva. Viitattu 30.4.2021.

https://www.motiva.fi/files/9845/Energiatehokkuuden_mittaus- ja_seurantajarjestelman_hankinta.pdf.

Energiatehokkuussopimukset. 2020. Motiva. Viitattu 13.5.2021. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatehokkuussopimukset>.

Energiatehokkuustoimista on taloudellista hyötyä. 2021. Ilmasto-opas. Viitattu 13.5.2021.

<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/75ef09a7-01a2-489a-862e-0dce463a8e1c/energiatehokkuustoimista-on-taloudellista-hyotya.html>.

Hiltunen, K. 2010. Mittaus- ja valvontasuunnitelman laatiminen LEED-sertifikaatin vaatimusten mukaisesti. Diplomityö, Aalto-yliopisto, elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta, elektroniikan laitos, valaistusyksikkö. Viitattu 22.4.2021. <http://lib.tkk.fi/Dipl/2010/urn100385.pdf>.

Ilmalämpöpumppu on sähkölämmityksen paras kaveri. 2018. OptiWatti. Viitattu 26.4.2021.

<https://www.optiwatti.fi/ilmalampopumppu-sahkolammityksen-paras-kaveri/>.

Jaako, O.-P. 2014. Katuvalaistuksen energiatehokkuustutkimus. Opinnäytetyö, Lapin ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 29.4.2021.

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/72114/opinnaytetyo%20Olli-Pekka%20Jaako1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Kallasjoki, T. 2017. Valonlähteet. Espoo: Sähköinfo. Viitattu 29.4.2021. <https://peda.net/jao-ammattillinen/pilotoinnit/sjap/smit1a/sjap/s%C3%A4hk%C3%B6asennukset-1/s%C3%A4hk%C3%B6asennukset2/valaistuskytken%C3%A4t/valonl%C3%A4hteet:file/download/eb0c984aa8208da06fea9e4eb28c78b961dc21be/ST%2058.08%20Valonl%C3%A4hteet.pdf>.

Kananen, J. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kauppi, V., Reinikainen, V. & Ylinen, T. 2017. Sähköasennukset 4. Espoo: Sähköinfo.

Mäkelä, V.-M. & Tuunanen, J. 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Opinnäytetyö, Mikkelin ammattikorkeakoulu. Viitattu 20.4.2021. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/97138/URNISBN9789515885074.pdf>.

Pyhätunturi Oy. N.d. Artikkelit Pyhän sivustolla. Viitattu 8.5.2021. <https://pyha.fi/yritys/pyhatunturi-oy>.

Suositus K13/2008. 2008. Kaukolämmön mittaus. Energiateollisuus.

Technoalpin M18. 2011. Lumitykin esite. Technoalpin. Viitattu 5.5.2021. https://issuu.com/forsnowexperts/docs/m18_suomi.

Technoalpin T40. 2018. Lumitykin esite. Technoalpin. Viitattu 5.5.2021. https://issuu.com/forsnowexperts/docs/t40_englisch.

Technoalpin T60. 2018. Lumitykin esite. Technoalpin. Viitattu 5.5.2021. https://issuu.com/forsnowexperts/docs/t60_-_english-07.

Technoalpin V3 & V3ee. 2018. Lumitykin esite. Technoalpin. Viitattu 5.5.2021. https://issuu.com/forsnowexperts/docs/v3_v3ee_-_englisch.

Timonen, L. 2010. Energiatehokas hiihtokeskus. Helsinki: YIT Kiinteistötekniikka.

ToVa-käsikirja. 2007. Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilman kannalta. Helsinki: Edita Prima.

Vastuullisuusohjelma. N.d. Pyhätunturi Oy. Viitattu 17.5.2021. <https://pyha.fi/hiihtokeskus/vastuullisuusohjelma>.

Värjä, P., Mikkola, J.-M. 1999. Uusi kiinteistöautomaatio. Koria: Cadnet.

Liitteet

Liite 1. Pyhätunturin energiaseurannan nykytila (salassa pidettävä)

Liite 2. Pyhätunturin rinnevalaistuksen ohjaus (salassa pidettävä)