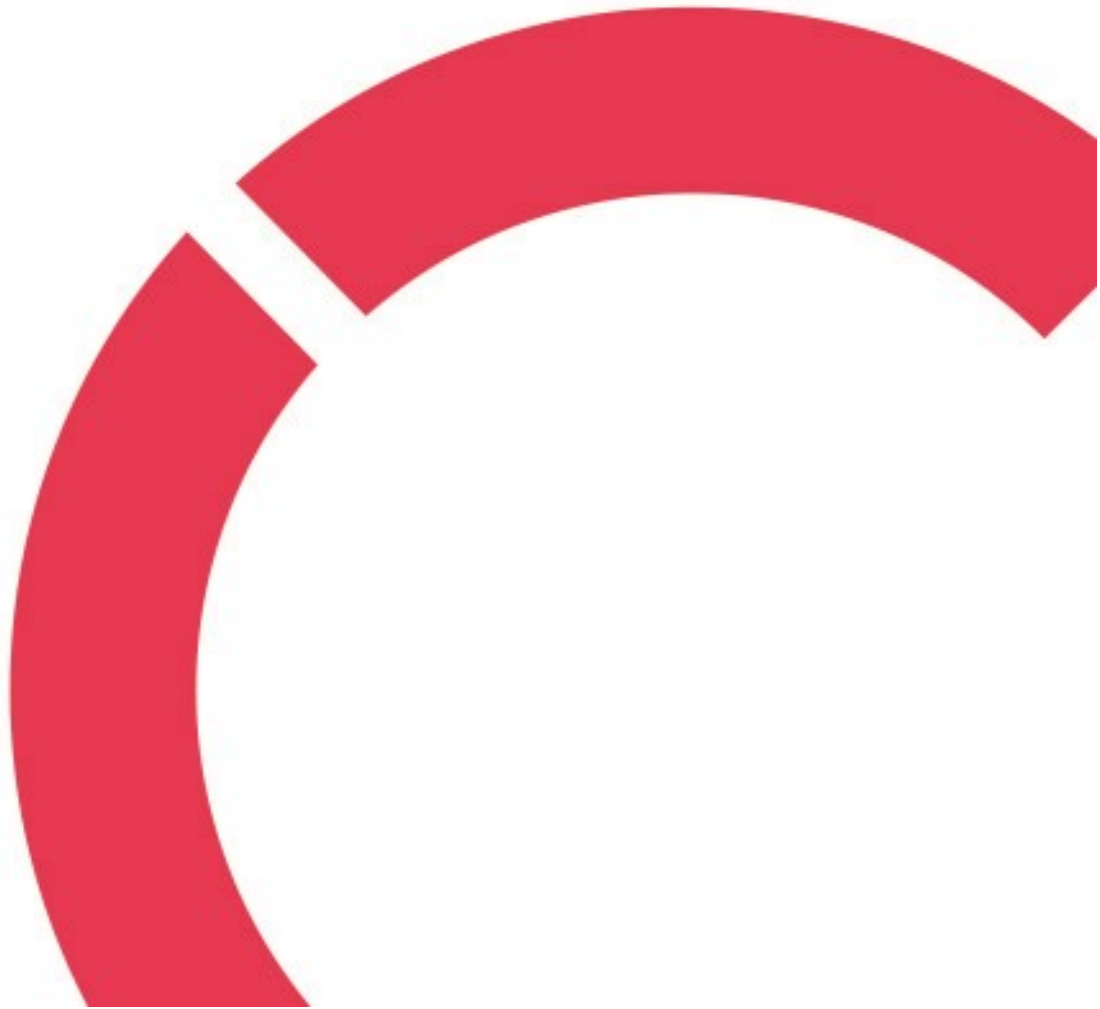


Jussi Sjöblom

KUNTORADAN VALAISTUKSEN VIHREÄ SIIRTYMÄ

Valperin pururata valaistuksen saneeraus

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Marraskuu 2023**



Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Marraskuu 2023	Tekijä/tekijät Jussi Sjöblom
Koulutus Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
Työn nimi KUNTORADAN VALAISTUKSEN VIHREÄ SIIRTYMÄ. Valpperin pururata valaistuksen saneeraus.		
Työn ohjaaja Tomi Vähäkangas		Sivumäärä 30 + 0
Työelämäohjaaja Teemu Kukkonen		
<p>Opinnäytetyö on kirjoitettu todellisesta projektista, jonka tilaajana toimi Nousiaisten kunta ja toteuttajana Eltel Networks Oy. Opinnäytetyön aiheena oli kuntoradan valaistuksen vihreä siirtymä ja opinnäytetyön kirjoittaja toimi tämän projektin projektipäällikkönä. Valpperin pururata on noin 3,6 km pitkä ja vanha valaistus oli toteutettu elohopeavalaisimilla. Projektiin kuului valaistusverkon rakentaminen sekä vanhan verkon purku maastosta.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdytään vihreän siirtymään tarkoitukseen sekä millaisia taloudellisia säästöjä uudella valaistuksella saadaan. Opinnäytetyön tavoitteina oli opiskelijan kehittyminen projektipäällikön tehtävissä sekä tutkia sähköenergian muutoksia ennen ja jälkeen projektin. Opinnäytetyön materiaali perustuu kirjallisuuteen sekä internetistä haettuun tietoon. Projektin suoritukseen liittyvä materiaali on opiskelijan omaa tekstiä.</p> <p>Valaistuksen ohjaukseen asennettiin himmennettävät valaisimet sekä liiketunnistimia älykästä valaistuksenohjausta varten. Opinnäytetyössä tutkittiin valaistuksen sähköenergian muutosta tietyn skenaarion sisällä 1 sekä 6 tunnin jaksolla. Uusilla valaisimilla ja älykkäällä valaistuksenohjauksella saavutettiin haluttu lopputulos taloudellisesta näkökulmasta. Uudella valaistuksella sähköenergian kulutus pienentyi 86,5 %.</p>		

Asiasanat Led-valaistus, projektinhallinta, valaistuksen saneeraus, vihreä siirtymä

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date November 2023	Author Jussi Sjöblom
Degree programme Bachelor of Engineering, Electrical and Automation Engineering		
Name of thesis GREEN TRANSITION OF THE SAWDUST TRACK LIGHTING. Renovation of Valpper's sawdust track lighting		
Centria supervisor Tomi Vähäkangas	Pages 30 + 0	
Instructor representing commissioning institution or company. Teemu Kukkonen		
<p>The thesis is based on a real project commissioned by the municipality of Nousiainen and implemented by Eltel Networks Oy. The subject of the thesis was the green transition of the sawdust track lighting and the author of the thesis served as the project manager for this project. Valpperi sawdust track is approximately 3,6 km long and the old lighting was implemented with mercury vapor lamps. The project included the construction of a new lighting network and the dismantling of the old lighting network.</p> <p>The thesis explores the purpose of the green transition and what kind of financial savings can be made with the new lighting. The objectives of the thesis were the student's development in project management tasks and to investigate the changes in electrical energy before and after the project. The material of the thesis is based on literature and information retrieved from the internet. The material related to the project performance is the student's own text.</p> <p>Dimmable lamps and motion sensors were installed for intelligent lighting control. The thesis examined the change in electrical energy of lighting within a given scenario over a period of 1 and 6 hours. The desired financial result was achieved with the new lamps and intelligent lighting control. With the new lighting, electricity consumption decreased by 86,5 %.</p>		
Key words Green transition, led lighting, lighting renovation, project management.		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

C2 SmartLight

Suomalainen teknologiayritys, joka tuottaa tarpeenmukaisia valaistuksenohjaus-järjestelmiä.

kWh

kWh on lyhenne sanasta kilowattitunti, joka on sähköenergian mittayksikkö. Kilowattitunti ilmaisee energiamäärää, joka kulutetaan tunnin aikana tuhatta wattia kohden.

LED

LED lyhenne tulee sanoista Ligh-Emitting Diode, joka tarkoittaa valoa säteilevää diodia. LED johtaa sähköä vain yhteen suuntaan, joten sen asentaminen oikeinpäin on tärkeää.

ROHS-direktiivi

Restriction of hazardous substances. EU – lainsäädännön direktiivi, joka julkaistiin helmikuussa 2022. Direktiivissä kielletään elohopeaa sisältävien lamppujen tuonnin EU-alueelle. Esimerkiksi T5- ja T8- loistelamppujen tuonti EU-alueen markkinoille 24.8.2023 jälkeen on kiellettyä.

Tekninen elinkaari

Teknisellä elinkaarella tarkoitetaan sähkölaitteiston elinikää. Sähkölaitteiston elinkaarta voidaan pidentää erilaisilla kunnossapito- ja huoltotoimenpiteillä.

Valaistusryhmä

Valaistusryhmä koostuu ryhmän sulakkeista, ohjauksesta sekä valaisimista. Valaistusryhmää ohjaamalla sytytetään kyseiseen ryhmään kytketyt valaisimet.

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 VIHREÄ SIIRTYMÄ	2
3 VALPPERIN PURURATA	4
3.1 Projektin yleisesittely	4
3.2 Valaistusrakenteet.....	10
3.3 Ohjaus	14
4 PROJEKTIN SUORITUS.....	20
4.1 Aikataulutus.....	21
4.2 Raportointi.....	22
4.3 Dokumentointi.....	24
5 TAVOITTEET JA YHTEENVETO	26
LÄHTEET	30
KUVIOT	
KUVIO 1. Suunnitelmapiirustusten piirrosmerkkejä.....	7
KUVIO 2. Vanhan valaistusverkon ohjaus	14
KUVIO 3. Valaistusohjauksen toiminta-ajat	19
KUVAT	
KUVA 1. Pururadan vanhat valaistuspisteet.....	4
KUVA 2. Uudet valaistuspisteet suunnittelussa	6
KUVA 3. Riippukierrekaapeli AMKA	7
KUVA 4. AXMK-alumiinivoimakaapeli.....	8
KUVA 5. Maakaapeliojan poikkileikkauskuva	9
KUVA 6. Maakaapelointi kartta	10
KUVA 7. Vanha ja uusi valaisin.....	11
KUVA 8. Greenled Vega S-valonjakauma	12
KUVA 9. Pylväsrakenne maakaapeliasennuksella	13
KUVA 10. Keskuksen C2-ohjainlaitteet.....	16
KUVA 11. C2 SmartLight-liiketunnistin.....	17
KUVA 12. Pururadan liiketunnistimet.....	18
KUVA 13. Työmaan jätteiden käsittelypiste	20
KUVA 14. Työmaan kalustoa.....	22
TAULUKOT	
TAULUKKO 1. Raportointipohja	23
TAULUKKO 2. Skenaariot anturien havainnoista	27
TAULUKKO 3. Muutokset sähköenergian kulutuksessa	28

1 JOHDANTO

Valaistuksen saneeraus Led-valaistukseksi on askel kohti energiatehokkaampaa ja taloudellisempaa valaistusta. Led-valot ovat tehokkaita ja nykyaikaisia ja niiden käyttöikä on paljon pidempi kuin perinteisissä valaisimissa. Led-valaistus pienentää energiankulutusta verrattuna perinteisiin elohopeavalaisimiin ja luo näin taloudellisia säästöjä. Uusi Led-valaisin on myös yleensä esteettisesti parempi vaihtoehto verrattuna vanhaan elohopeavalaisimeen.

Tämä opinnäytetyö käsittelee Nousiaisten kunnassa sijaitsevan Valpperin pururadan valaistuksen saneeraushanketta projektipäällikön näkökulmasta. Pururadan saneeraushankkeessa asennettiin uusia maakaapeleita, vaihdettiin huonokuntoisia valaisinpylväitä sekä uusittiin ilmajohtoa. Projektiin kuului myös kaikkien valaisimien vaihto varsineen sekä uuden valaistusjakokaapin asennus kytkentöineen. Uusi valaistuskeskus varustettiin C2-ohjausjärjestelmällä. Opinnäytetyössä perehdytään vihreään siirtymään, projektin toteutukseen sekä Led-valaistuksesta saatuihin taloudellisiin hyötyihin. Työssä käydään myös läpi, miten projekti aikataulutettiin häiritsemättä muita pururadan käyttäjiä, projektin materiaali valintoja sekä millainen vaikutus projektilla on sähkönkulutukseen.

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa Nousiaisten kunnalle tietoa siitä, millaisia muutoksia sähkönkulutuksessa valaistushankkeella saavutetaan. Opinnäytetyön toinen tavoite on kehittää opiskelijan omaa ammattitaitoa projektipäällikkönä. Olen toiminut projektipäällikön tehtävissä neljän vuoden ajan ja yksi tämän hankkeen tavoitteista on, että opin tehokkaampaan työnohjaamiseen sekä tarkempaan projektin hallintaan.

Yrityksillä sekä projektikoordinaattoreilla on erilaisia tapoja hahmottaa työnkulkua projektin alusta loppuun. Tämä projekti on jaettu kolmeen osaan: projektin alkuvalmistelut, työnsuoritus ja loppudokumentointi. Tämän projektin suunnitteli erillinen suunnittelutoimisto, joten jäljelle jäi vain toteutus. Työn tilaajana oli Nousiaisten kunta ja projektin pääurakoitsijana toimi Eltel Networks Oy.

2 VIHREÄ SIIRTYMÄ

Vihreällä siirtymällä tarkoitetaan muutosta, jolla tähdätään kohti ekologisesti kestävästä taloutta ilman luonnonvarojen ylikulutusta sekä fossiilisia polttoaineita. Kestävästä taloutta rakennetaan kiertotaloudella, vähähiilisillä sekä luonnon monimuotoisuutta edistävillä ratkaisulla. Vihreä siirtymä viittaa yrityksissä, teollisuudessa ja kunnissa toteutettaviin toimenpiteisiin, jotka edistävät kestävästä kehitystä ja vähentävät ympäristövaikutuksia. Tämä voi sisältää investointeja puhtaaseen energiantuotantoon, kiertotalousratkaisuihin sekä uusien toimintamallien ja palveluiden käyttöönottoa. Erilaiset toimialat tekevät kestävyysstrategioita ja vähähiilitiekarttoja, jotka ovat tärkeä osa kokonaiskuvaa. (Ympäristöministeriö a.) Näiden suunnitelmien avulla yritykset ja kunnat voivat löytää omia keinoja vähentää hiilidioksidipäästöjä, parantaa energiatehokkuutta ja edistää ympäristöystävällisempää toimintaa.

Tällä hetkellä kulutamme liikaa luonnonvaroja, joten vihreä siirtymä on tietyllä tasolla jopa välttämättömyyttä. Luonnonvarojen liikakulutus aiheuttaa luonto- ja ilmastokriisin pahenemisen. Tämän takia tarvitsemme vihreää siirtymää ja kattavan suunnitelman, miten käytämme luonnonvaroja. Vuosina 2023–2028 tärkeille vihreän siirtymän hankkeille tarjotaan väliaikainen etuoikeus lyhyempiin käsittelyaikoihin aluehallintavirastojen lupakäsittelyssä. Etuoikeus koskee hiilidioksidin talteenoton ja hyödyntämisen, akkuteollisuuden, teollisuuden sähköistämisen, vähähiilisen vedynvalmistuksen sekä uusiutuvan energian hankkeita, joissa huomioidaan ei merkittävää haittaa -periaatteet. Ei merkittävää haittaa -periaatteella tarkoitetaan että, kun tehdään ratkaisuja päästöjen vähentämiseksi, ei tuoteta haittaa muille ympäristötavoitteille. Tämä on kirjattu EU:n kestävästä taksonomiasäätelyyn Do no significant harm (DNSH)-periaate. (Ympäristöministeriö a.)

Taksonomiolla tarkoitetaan luokittelujärjestelmää EU:n kestävästä rahoitukselle. Taksonomiolla luodaan kriteerit luonnon ja ympäristön kannalta kestävästä liiketoiminnalle. Tämän tarkoituksena on suunnata rahoitukset hankkeisiin, jotka edesauttavat vihreää siirtymää sekä ympäristötavoitteiden saavuttamista. Taksonomiolla pystytään erottelamaan taloudellisesta toiminnasta osuudet, jonka rahoittamisesta yhteiskunta hyötyy, ja osuus, joka edesauttaa ilmastotavoitteita. Ympäristöministeriö myöntää valtionavustuksia yhteisöille sekä organisaatioille ja tukee näin eri tahojen hankkeita ja toimintaa kohti ekologisempaa tulevaisuutta. Ympäristöministeriö tehtävänä on myös koordinoita menettelytapoja, miten avustuksia haetaan. (Ympäristöministeriö a.)

Laukkanen (2023) kertoo artikkelissaan, että vaikka valtio tukee hankkeita rahallisesti, on valtion rooli enemmänkin infrastruktuuri-investoinneissa koordinointi ja suunnittelu kuin investointien rahoittaminen. Ympäristöministeriön sivustolla kerrotaan ministeriön vastaavan ainakin seuraavista asioista:

Myöntää harkinnanvaraisia valtionavustuksia luonnonsuojelu-, ympäristö-, asunto- ja rakennusalan järjestöjen toimintaan ja virkistysalueiden hankintaan.

Myöntää valtionavustuksia tutkimus- ja kehittämishankkeisiin.

Koordinoi tiettyjä EU:n myöntämiä tukia (LIFE-rahoitus ja EU:n rakennerahastojen tuki ympäristöhankkeille). (Ympäristöministeriö b.)

EU-lainsäädännön restriction of hazardous substances (ROHS) -direktiivi julkaistiin helmikuussa 2022, ja se kieltää elohopealamppujen tuonnin EU-alueelle vuonna 2023. Direktiivi mahdollistaa kuitenkin varastojen myynnin tyhjäksi, eli uusia valonlähteitä ei saa toimittaa EU-alueelle myyntitarkoituksessa. Direktiivi vaikuttaa myös suurpainenaatrium- ja monimetallilamppuja, mutta näille on annettu jatkoaikaa 2027 asti. (Sähkömaailma.)

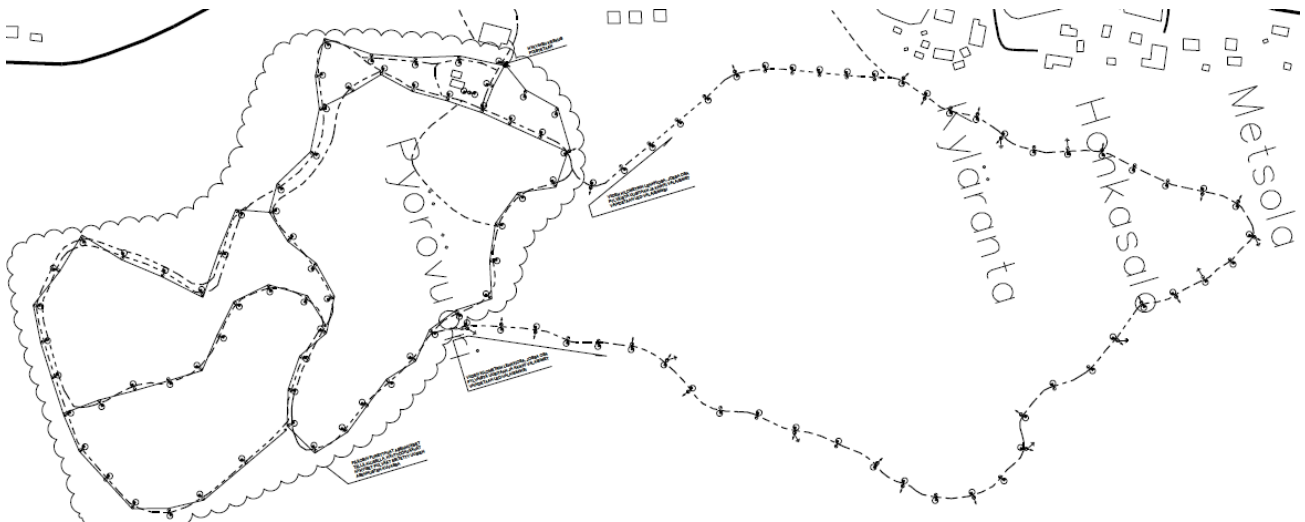
Vaikka vihreä siirtymä oli yksi syy Valpperin pururadan valaistuksen saneerausprojektin toteutumiseen, ei se kuitenkaan ollut ainoa. Pururadan vanha valaistus oli kymmeniä vuosia vanha, joten sen tekninen elinkaari oli tullut päätökseen. Näin vanhan valaistuksen korjaus on nykyään melko haastavaa, koska komponentteja on saatavilla rajoitetusti.

3 VALPPERIN PURURATA

Tässä osiossa perehdytään Valpperin pururadan valaistusverkkoon. Osiossa perehdytään pururadan nykytilanteeseen, uuden valaistusverkon suunnitelmaan, materiaalivalintoihin sekä uuden valaistusverkon ohjauksen toteutukseen.

3.1 Projektin yleisesittely

Nousiaisten kunta kilpailutti Valpperin pururadan valaistusprojektin ja tämän tarjouskilpailun voitti Eltel Networks Oy. Tilaajalla oli selvät syyt, mikä takia tämän alueen valaistus saneerataan: ekologisuus, energian kulutus sekä valaistuksen nykyaikaistaminen. Vanhan valaistuksen tekninen elinkaarikin oli tullut päätökseen. Noin 3,6 kilometriä pitkän pururadan valaistus koostui puupylväistä ja 125-wattisista elohopealampuista, joita oli 117 kpl. Valaistusta ohjattiin kello- sekä hämäräkytkimen avulla. Tämä valaistuksen ohjaus menetelmä on hyvin yleinen vanhoissa valaistusjärjestelmissä. Projektin laajuus on nähtävissä kuvassa 1 (KUVA 1).



KUVA 1. Pururadan vanhat valaistuspisteet

Valaistuksen kokonaissähköteho on laskettavissa sähkötehon yhtälön kaavalla:

$$P = W/t = U \cdot I \cdot t/t = U \cdot I \quad (1)$$

jossa U on valaistuksen yli vaikuttava jännite ja I on valaistusverkon läpi kulkeva virta. Sähkötehon yksikkö on watti (W). (Ahoranta 2020, 49.)

Sähköteho sekä sähköenergia ovat samansuuruisia tuntitarkastelussa, koska sähköenergian yhtälö voidaan kääntää muotoon:

$$W = I^2 \cdot R \cdot t = I \cdot I \cdot R \cdot t = I \cdot U \cdot t \quad (2)$$

Kun sähköteho kerrotaan yhdellä tunnilla (t), watti muuttuu wattitunniksi eli Wh. (Ahoranta 2020, 49.)

Sähköenergia ilmoitetaan yleensä sähköteho kilowatteina tunnissa (kWh). Mikäli lasketaan sähkötehoa, käytetään perässä lyhennettä W tai tarvittaessa jotain sen kerrannaista, kuten kW. Jos lasketaan sähköenergiaa, tulee muistaa käyttää Ws (wattisekunti) tai yleisemmin käytettyä Wh (wattitunti), riippuen siitä, mitä lasketaan. Tutulla kWh-lyhenteellä tarkoitetaan sitä, kuinka monta tuhatta wattia kulutetaan sähkötehoa yhden tunnin aikana.

Tätä laskentakaavaa ei käytetty kulutuksen arvioinnissa, koska alueella oli viallisia valaisimia. Vialliset valaisimet olisivat vääristäneet tulosta, sillä mitattu virta ei olisi ottanut huomioon viallisia valaisimia. Kulutuksen arviointiin käytettiin valaisimien kokonaismäärää sekä elohopeavalaisimien nimellisarvoa. Laskennallisesti vanhan pururatavalaistuksen kokonaissähköteho oli:

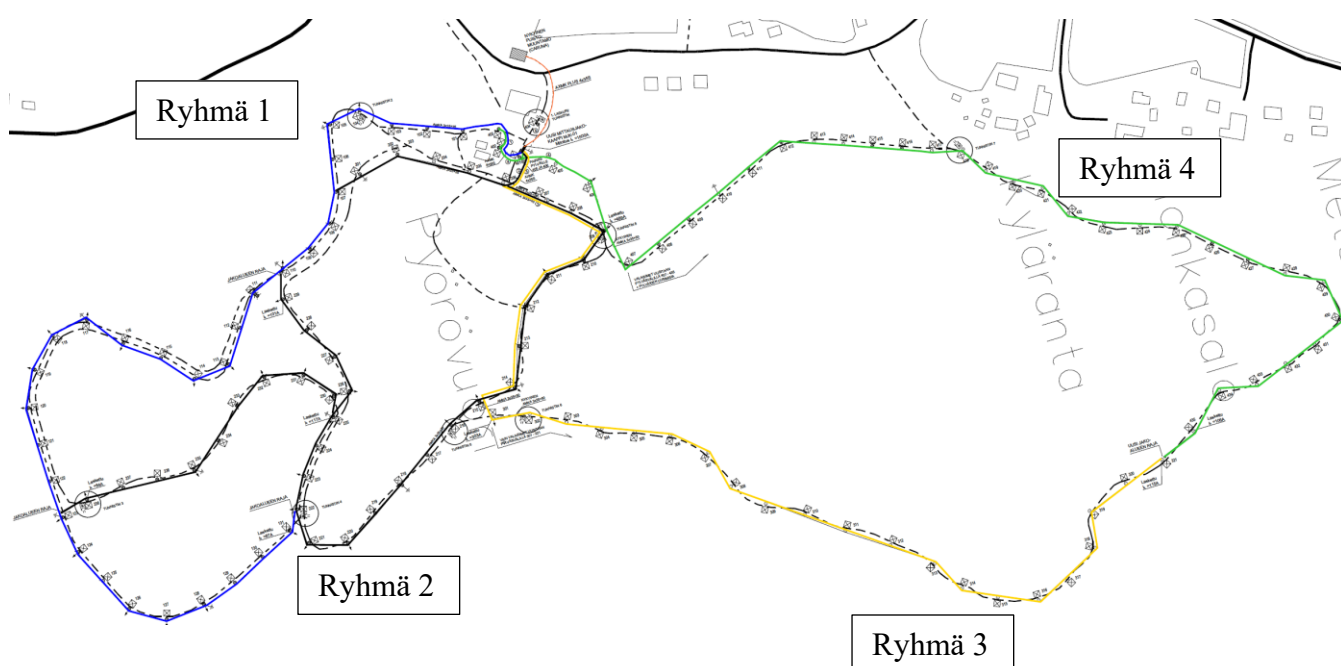
$$\text{Valaisimien kokonaismäärä} \cdot \text{valaisimen nimellisteho} = \text{kokonaissähköteho} \quad (3)$$

$$117 \text{ kpl} \cdot 125 \text{ W} = 14\,625 \text{ W} = 14,6 \text{ kW}$$

Tämä voidaan nyt yhtälön (2) mukaan muuttaa muotoon $14,6 \text{ kW} = 14,6 \text{ kWh}$. Vanha valaistus käytti sähköä $14,6 \text{ kWh}$ jokaisena tuntina, kun valaistus oli päällä ja kaikki valaisimet olivat käyttökunnossa.

Valpperin pururata projektissa asennettiin 125 kappaletta uusia led-valaisimia, joista 57 kpl asennettiin nykyisiin valaisinpylväisiin ja 68 kpl asennettiin uusiin valaistuspylväisiin. Osassa valaistusverkkoa hyödynnettiin vanhoja pylväitä sekä ilmalinjaa. Valaisinvaihtojen lisäksi projekti sisälsi uuden katuväläistyskeskuksen, 2 kilometriä uutta AMKA-ilmalinjaa, 68 kpl uutta puista valaisinpylvästä sekä noin 400 metriä maakaapelointia. Projekti sisälsi vanhojen linjojen purut, uuden valaistuksen rakentamisen sekä valaistusverkon käyttöönoton. Pururadan kävijöitä seuraa maastossa 8 anturia, joiden avulla ohjataan älykästä valaistusta. Materiaaleista ja ohjauksista kerrotaan enemmän tekstin myöhemmissä vaiheissa.

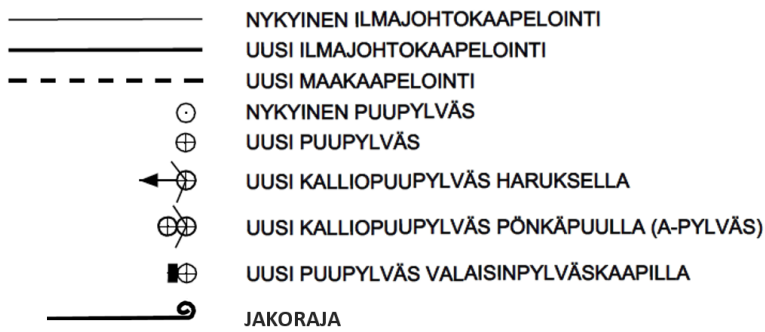
Uusi valaistusverkko rakennettiin neljään eri valaistusryhmään. Ennestään niitä oli vain kolme. Kuvassa 2 on esitetty, miten valaistusryhmät ovat jaettu maastossa (KUVA 2). Valaistusta jaetaan eri ryhmiin syystä. Ensimmäinen syy on kuorman tasaus. Mikäli kaikki valaisimet kytkettäisiin samoihin ryhmäsulakkeisiin, kasvaisi sulakkeiden kuormitus korkeammaksi. Tämä saattaisi vaikuttaa ryhmäkaapelin poikkipinta-alaan. Toinen syy on tarvittaessa osittainen valaistuksen sytytys tai sammutus. Huolto- ja kunnossapitotöissä pystytään näin sammuttamaan tai irti kytkemään vain haluttu valaistusryhmä, eikä tämä häiritse muuta valaistusta. Kolmas syy ryhmien jaotteluun on mahdolliset viat valaistuverkossa. Esimerkiksi mahdollisessa vikatilanteessa palaa sulake vain vikaantuneesta valaistusryhmästä eikä se vaikuta muuhun valaistukseen.



KUVA 2. Uudet valaistuspisteet suunnittelussa

Jakorajalla tarkoitetaan kohtaa sähköverkossa, jossa kaapelit ja valaistusryhmät ovat erotettu toisistaan. Ilmajohdot on viety jakoraja pylväille, mutta kaapelit ovat irti kytkettynä toisistaan. Tarvittaessa jakorajalla voidaan tehdä kaapeleihin liitos ja linjaa voidaan tarvittaessa syöttää toisen valaistusryhmän kautta.

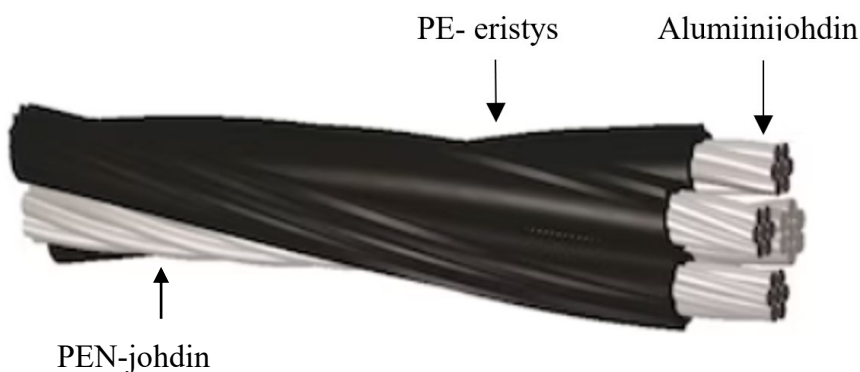
Suunnitelmakartat piirretään hyvin tarkasti, joten suunnitelmien lukutaito on erityisen tärkeää. Suunnitelmakarttoja piirrettäessä käytetään erilaisia piirrosmerkkejä, jotta tarjouslaskennassa sekä toteutuksessa vältyttäisiin mahdollisilta virheiltiltä. Kuviossa 1 on tässä projektissa suunnittelijan käyttämiä piirrosmerkkejä (KUVIO 1).



KUVIO 1. Suunnitelmapiirustusten piirrosmerkkejä

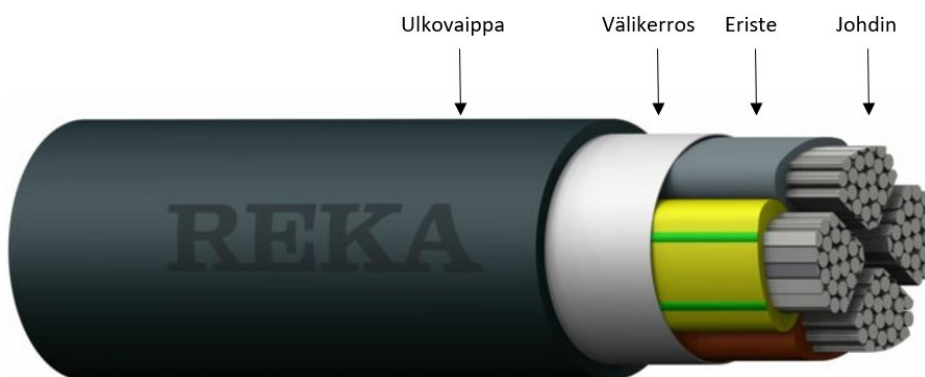
Kaikkien ryhmien syöttökaapelit lähtevät uudelta katuvalaistuskeskukselta. Maakaapelointi toteutettiin kaapelityypillä AXMK 4X35 S ja ilmajohdot uusittiin riippukierrekaapelilla AMKA 3X25+35, pois lukien ryhmän 3 syöttökaapeli. Valaistustyhmän 3 syöttökaapelina käytettiin kaapelityyppiä AMKA 3X35+50. AMKA-kaapeli on lähes ainoita kaapelityyppejä, joita käytetään pienoisjänniteilmajohto-asennuksissa. AMKA-kaapeleita on 1- sekä 3-vaiheisia. Projektissa käytetyn kaapelin merkinnästä selviää, että kaapelissa on 3-vaihejohdinta, jotka ovat kokoa 25 mm². Jälkimmäisellä merkinnällä 35 tarkoitetaan PEN-johdinten nimellispoikkipinta-alaa, joka on 35 mm².

AMKA-kaapelityypissä vaihejohtimet ovat suojattu PE-muovilla, kun taas PEN-johdin on paljas. Vaihejohtimien pintaan on valettu pieniä uria, joiden avulla on helpompi tunnistaa vaihejohtimet toisistaan. Ensimmäisessä vaihejohtimessa on yksi ura, toisessa vaihejohtimessa kaksi uraa ja kolmannessa vaihejohtimessa kolme uraa. 1-vaiheinen AMKA riippukierrekaapeli on rakenteeltaan muuten kuin 3-vaiheinen kaapeli, mutta vaihejohtimia on kaapelissa vain yksi kappale. Kuvassa 3 on esitetty AMKA-riippukierrekaapelin rakenne (KUVA 3).



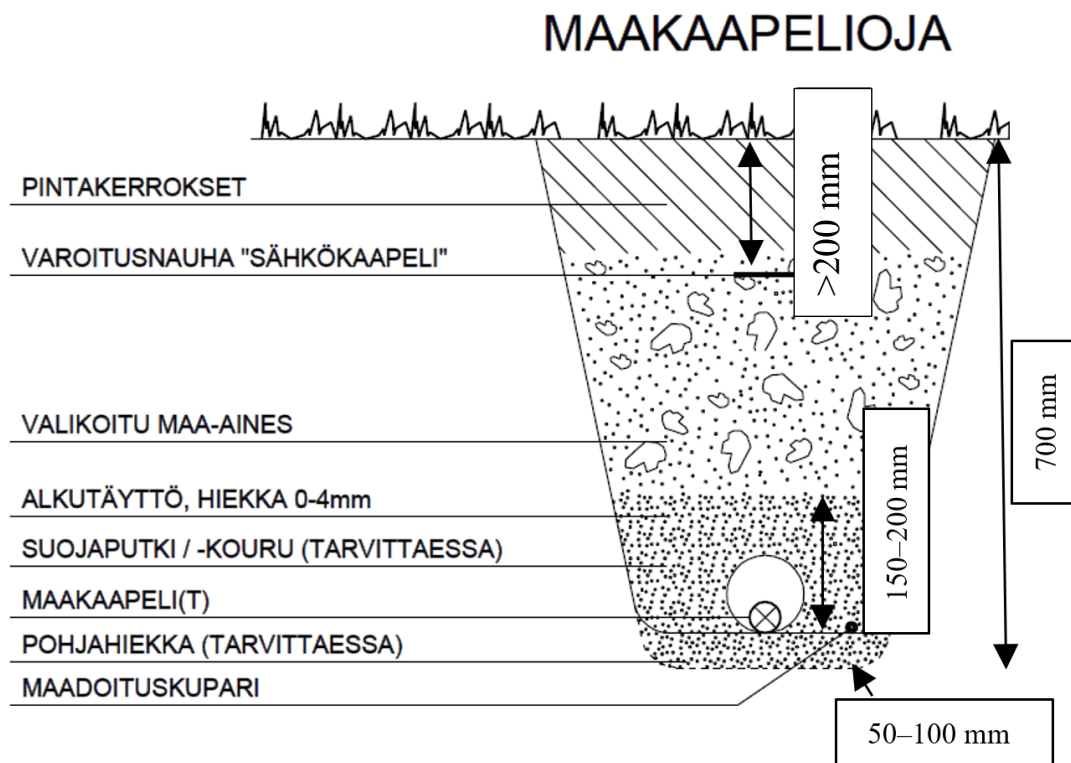
KUVA 3. Riippukierrekaapeli AMKA (mukaihen Onninen)

Maakaapelina käytetty AXMK 4X35 S on myös yksi käytetyimmistä maakaapelityypeistä pienjänniteverkossa. AXMK-kaapeli on tarkoitettu käytettäväksi kiinteisiin asennuksiin niin ulkona kuin sisälläkin. Projektissa käytetyssä kaapelissa ulkovaippa on valmistettu PVC-sekoitteesta, joka on myös UV-suojattu. Välikerros koostuu muovinauhasta ja johtimen eristeenä toimii myös UV-suojattu PEX-muovieriste. Johtimien eristeet on värjätty nykyisen värijärjestelmän mukaisesti. Johdin eristeet ovat värjätty ruskeaksi, mustaksi, harmaaksi sekä keltavihreäksi. Reka Kaapeli:n valmistamassa 16–25 mm²:n kokoisissa AXMK kaapeleissa johtimet ovat pyöreitä, mutta 35–300 mm²:n kokoisissa kaapeleissa johtimet ovat kuvan (KUVA 4) mukaisesti sektorin malliset. Johtimet ovat valmistettu alumiinista. (Reka Kaapeli.)



KUVA 4. AXMK-alumiinivoimakaapeli (mukaillen Reka Kaapeli)

Vaikka projektin maakaapelointi suoritettiin osittain alueella, jossa ei ole ajoneuvoliikennettä, ei kaapeleita saa asentaa mielivaltaisesti. Projektilla kaikki maakaapelit pyrittiin asentamaan 700 mm:n syvyyteen. Mikäli tähän syvyyteen ei päästy, asennettiin kaapelin päälle suojakourua alisyvyyden matkalle. Muovikourua asensimme projektille 35 m, koska kaikkea kaapelia emme saaneet upotettua riittävän syvälle. Kaapeliojasta tulee myös kerätä pois kaikki materiaali, joka saattaa vaurioittaa maakaapelia asennus- tai täyttövaiheessa. (SFS 6000-8-814:2022.)

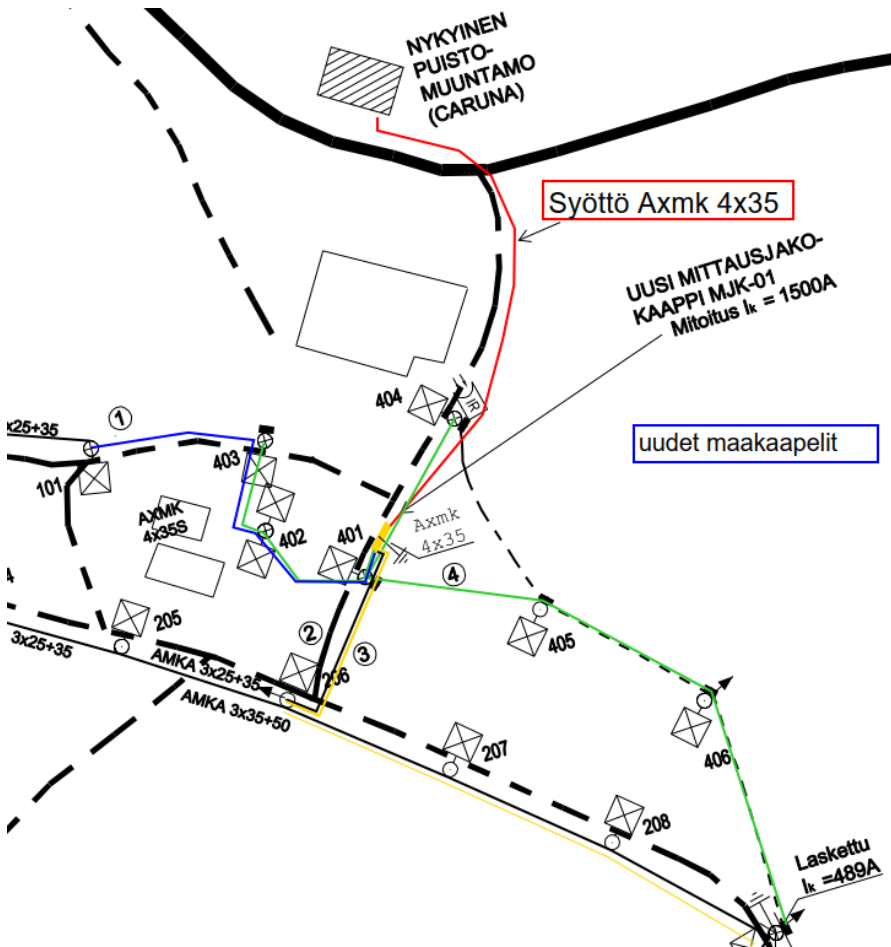


KUVA 5. Maakaapeliojan poikkileikkauskuva (mukaiillen SFS 6000-8-814:2022)

Standardissa SFS 6000-8-814:22 täydentävissä vaatimuksissa, kaapelien asentamisesta maahan tai veteen, kerrotaan vaatimukset kaapelien upotuksille. Kuten maakaapeliojan poikkileikkaus kuvasta (KUVA 5) näkee, pitää kaapeliojan kaivuussa olla tarkkana. Maakaapelin alle tulee tarvittaessa lisätä pohjahiekka ja kaapelin päälle asennetaan niin sanottu alkutäyttö, joka on kivetöntä hiekkaa tai mursketuhkaa. Alkutäytön päälle voidaan laittaa kaivettua maa-ainesta, josta on poistettu suurimmat kivet, rakennusjätteet ja kaikki muut sinne kuulumattomat esineet.

Kaapelin varoitusnauha tulee asentaa vähintään 200 mm maan pinnan alapuolelle ja kaapelin sekä varoitusnauhan väliin on jätävä vähintään 200 mm maa-ainesta. Varoitusnauhan päälle tulee lisätä vielä pintakerros. Standardin ohjeistuksen mukaan, kaapelit tulee suojata riittävän suojausluokan muovikourulla tai muoviputkella kahdessa eri tilanteessa: vajaa syväys kohdissa sekä ajoratojen alituksissa. Ajoratojen alituksissa ohjeistus määrittelee lujuusluokan A suojausputken ajoratojen alituskohtiin. Mikäli kaapeli asennetaan niin ettei sen päälle kohdistu rasitetta, voidaan käyttää B-lujuusluokan suojausputkea tai kourua. SFS 6000-8-814:2022.)

Kuvassa (KUVA 6) punaisella viivalla kuvataan katuvalaistuskeskukseen syöttökaapelia, joka kaivettiin olemassa olevasta puistomuuntamosta uuteen valaistuskeskukseen. Sininen viiva kuvaa ryhmän 1 syöttökaapelia. Musta viiva kuvaa ryhmän 2 syöttökaapelia. Keltainen viiva kuvaa ryhmän 3 syöttökaapelia, joka nousee samaan pylvääseen ryhmän 2 syöttökaapelin kanssa. Tästä pylväästä 206 lähtevä keltainen viiva osoittaa ryhmän 3 syöttöilmalinjaa, jonka ensimmäinen valaisin on hieman kauempana. Vihreä viiva kuvaa ryhmän 4 kaapelointia, jolla on toteutettu myös piha-alueen valaistukaapelointi.



KUVA 6. Maakaapelointi kartta

3.2 Valaistusrakenteet

Valperin pururadan valaistus oli aikaisemmin toteutettu 125-wattisilla elohopeapolttimellisillä kauha-valaisimilla. Projektissa korvasimme kaikki vanhat valaisimet Greenled Vega S-valaisimilla, jotka oli varusteltu Zhaga-liittimillä älykästä ohjausta varten.



KUVA 7. Vanha ja uusi valaisin (mukaillen Greenled Vega S)

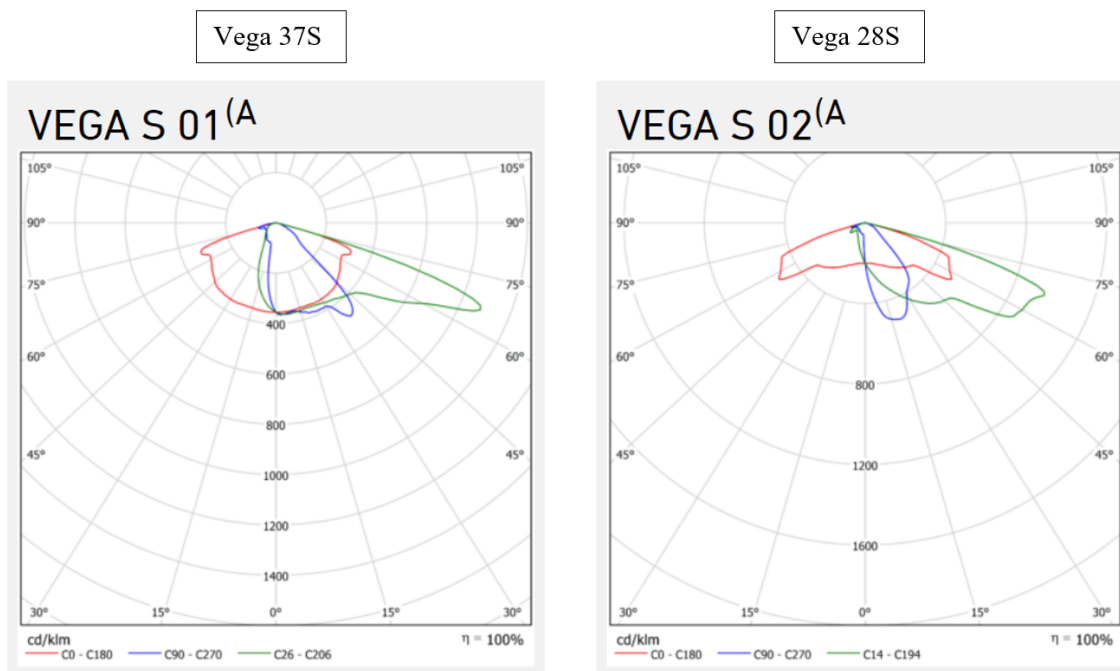
Valaisinmallien määrittely kohteeseen on erittäin tärkeä osa valaistussuunnittelua. Valaisinmalleja on lukuisia ja näillä voi olla monia erilaisia ominaisuuksia. Valaisinmallin valintaan vaikuttavia asioita ovat mm: suunniteltava kohde, valaistuksen ohjaus sekä valaisimien teho. Valperin pururadalla on osioita, joissa välillä on yksi rata, sekä osioita, joissa on kaksi rataa vierekkäin. Suunnittelu oli ottanut tämän huomioon ja siitä syystä valinnut eri tehoisia valaisimia. Pururadan osioihin, joissa radan leveys oli normaali eikä risteyksiä ollut, asennettiin 28 W:n tehoiset valaisimet. Pururadan reiteille, joissa oli risteyksiä tai pururadan leveys oli normaalia suurempi, asennettiin 37 W:n tehoiset valaisimet. Kohteeseen valittu Vega S-mallinen valaisin täytti kaikki vaaditut kriteerit ja on muotoilultaan nykyaikainen.

Greenled Oy on suomalainen valaisinvalmistaja, joka toimittaa valaistusratkaisuja niin julkiselle sektorille kuin yrityksillekin. Valaisimet valmistetaan Oulussa, jossa yrityksen tehdas sijaitsee. Greenledin tavoitteena on tarjota energiaa säästäviä ja hiilidioksidipäästöjä vähentäviä LED-valaistusratkaisuja. (Yritys.) Greenledin omat tavoitteet tukivat myös tämän projektin ajatusmaailmaa, jossa kestävä kehitys oli mukana.

Greenled Vega S-valaisimen suunnitteluvaiheessa on otettu huomioon, että se tulee soveltumaan muotoilultaan sekä teknisiltä ominaisuuksiltaan skandinaavisiin olosuhteisiin. Valaisinmalli on siis valmistettu kestäväksi niin lämpimiä kesäpäiviä kuin myös haastavia talviolosuhteita. Valaisimen muotoilussa on karsittu kaikki ylimääräinen pois, jotta vältyttäisiin sinne kuulumattomien materiaalien kiinnittymiseltä, kuten esimerkiksi oksien tai roskien kiinnittymiseltä. Valaisin on valmistettu ja suunnit-

teltu Suomessa. Tätä valaisinmallia voi käyttää monissa erilaisissa kohteissa, koska se on saanut väyläviraston hyväksynnän ja täyttää Pohjoismaiden yhteiset laatuvaatimukset. Vega S-valaisimissa on huomioitu erilaiset ohjaujärjestelmät, sillä valaisinta saa tarvittaessa NEMA- tai Zhaga-liitännällä. Greenled ilmoittaa, että valaisin soveltuu mainiosti juuri kuntopoluille sekä alue- ja katuvalaistustarpeisiin. (Vega S.)

Valaisimien valinnassa on myös erittäin tärkeää huomioida valittavan valaisimen valonjakauma. Kuvassa (KUVA 8) näemme valittujen Greenled valaisimien valonjakaumat. Samaa Vega S-mallin valaisinta on saatavilla erilaisilla valonjakaumilla, joka mahdollistaa valaisimen käytön myös muunlaisessa kohteessa. Kohteessa käytetty Vega 28S-mallissa on optiikka 02 ja Vega 37S-mallissa on optiikka 01. (Vega S.) Mikäli kohteeseen suunnitellaan ja asennetaan valaisin, jossa on vääränlainen valonjakauma, valaisin saattaa valaista täysin tarpeettomia alueita ja valaistusta tarvitsevat alueet jäävät valaisematta. Vega 37S-mallisia valaisimia käytettiin myös kohteissa, joissa sen valonjakauma oli suotuisampi.



KUVA 8. Greenled Vega S-valonjakauma (mukaillen Greenled Vega S)

Alueen valaistuksessa käytettiin kahta erilaista rakennetta: sisäänajoväylällä käytettiin maakaapeli-asennusta, kun taas muualla maastossa ilmajohtoasennusta. Kuvassa (KUVA 9) on kuvattu maakaapelirakenteinen puupylväsasennus. Maakaapelit on tuotu pylvään tyvessä sijaitsevaan kytkentäkoteloon,

jossa maakaapeleiden liitokset ovat tehty. Valaisimelta tuleva kaapeli on myös tuotu samaan kytkentäkoteloon, jossa sijaitsee myös valaisimen 10 A-sulake. Valaisimilla, jotka ovat asennettu maakaapelirakenteella, on oma 10 A:n sulake kytkentäkotelossa. Ilmajohtoasennusten ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus on toteutettu keskuksen ryhmäsulakkeilla.



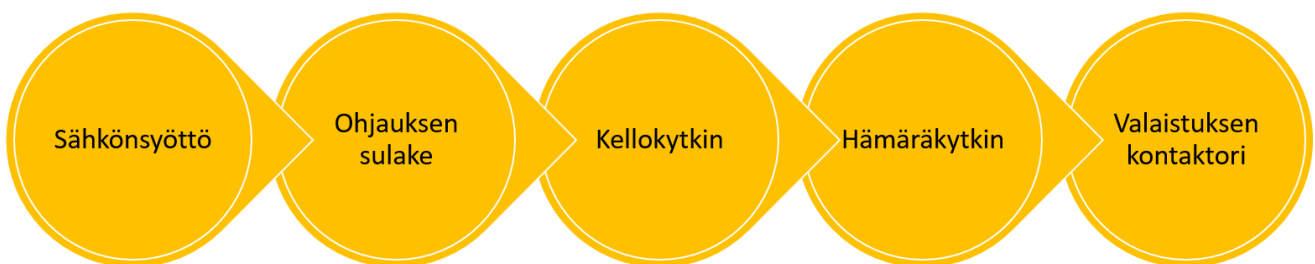
KUVA 9. Pylväs rakenne maakaapeliasennuksella

Kuntoratojen valaistuksessa ilmajohtoasennukset ovat vielä hyvin yleisiä, kun taas katu- ja aluevalaistuksessa maakaapelointi on käytetympi tapa. Ensimmäinen syy tähän on kustannuskysymys. Maakaapelin kaivaminen tämän kokoisessa projektissa olisi ollut monin kerroin kalliimpaa kuin uusien pylväiden asennus. Toinen syy ilmajohtoon asennukseen tällaisessa kohteessa on huollon ja kunnossapidon

helppous. Maakaapeliverkon vioissa tarvitaan kaivinkonetta lähes kaikissa tilanteissa. Kuntoratojen maasto voi olla vetinen ja kapea, mikä hankaloittaa isojen ja painavien koneiden kuljettamisen paikalle. Puupylväsrakenteessa alan ammattilainen pystyy tarvittaessa korjaamaan ilmajohtovian tai valaisimen ilman minkäänlaista raskasta kalustoa. Mahdolliseen vikapaikkaan pääsee kävellen tai vaihtoehtoisesti vaikka mönkijällä. Ilmajohtoviat pystytään korjaamaan pylvääseen kiipeämällä, mikäli henkilönostinta ei saa kohteeseen.

3.3 Ohjaus

Valpperin pururadan valaistusohjaus oli toteutettu ennen hämäräkytkimen ja kellokytkimen sarjaan asennuksella. Kuvioista (KUVIO 2) näemme, miten vanhan valaistusverkon ohjaus oli toteutettu.



KUVIO 2. Vanhan valaistusverkon ohjaus

Vanhan valaistuskeskuksen sähkönsyöttö oli kytketty viereisen rakennuksen sähkökeskukseen, joten valaistuskeskuksessa ei ollut omaa sähkön mittausta. Valaistuskeskuksen ohjaussulakkeelta oli kaapeloitu kellokytkimelle. Kun aika oli kellokytkimen asetteluarvojen sisällä, esimerkiksi iltaohjaus klo. 16.00–22.00, päästi kello tällä aikavälillä sähkön hämäräkytkimelle. Hämäräkytkimelle oli annettu omat parametrit sille, kuinka hämärää pitää olla, kunnes sähköä päästetään läpi. Kun aika on kellokytkimen ohjauksen aikamääreissä ja hämäräkytkin tunnistaa hämärtyneen kelin, päästää hämäräkytkin sähkön valaistuksen kontaktorille. Valaistuksen kontaktorilla ohjataan sähkönsyöttö valaistusverkolle ja valaistus syttyy.

Tämä ohjaustapa on hyvin yleinen ja siinä on sekä hyviä että huonoja puolia. Hyvinä puolina mainittakoon tämän ohjauksen yksinkertaisuus. Näin yksinkertaisessa järjestelmässä mahdollisen vian haku on melko nopeaa ja komponentit ovat myös edullisia. Huonona puolena on, että näillä komponenteilla ei

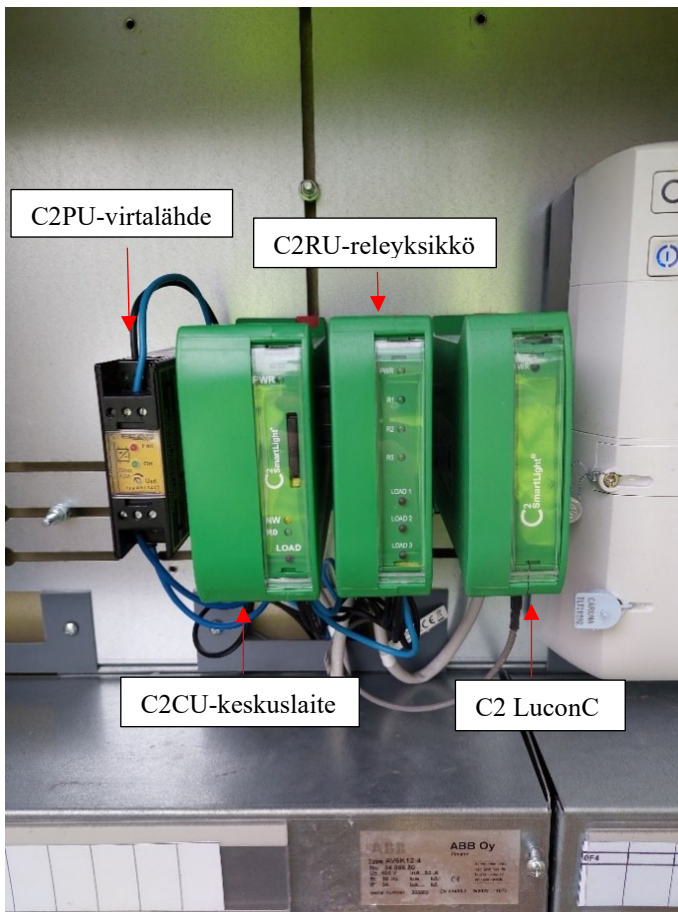
ole mahdollista saada minkäänlaista dataa tai vikailmoitusta kohteesta, vaan kohteessa pitää käydä fyysisesti toteamassa mahdolliset ongelmat.

Tämän tyyppiseen ohjausjärjestelmään on kuitenkin rakennettavissa etäluentamahdollisuus. Yksi tapa rakentaa etäluentajärjestelmä tämänlaiseen ohjaukseen olisi lisätä lähteviin valaistuksenryhmäjohtoihin etälueuttavat sähkömittarit, joista selviäisi hetkellinen sähköenergian kulutus tai vaihtoehtoisesti virran mittaus. Mittauksen voisi vaihtoehtoisesti lisätä syöttökaapeliin, mutta jos valaistusta on paljon, pitäisi mittarin olla hyvin tarkka havaitakseen pienetkin muutokset mittausarvoissa. Näitä mittauksia seuraamalla ja vertailemalla tilanteeseen, jossa valaistus on täysin kunnossa, huollosta vastaava henkilö huomaisi eroavaisuuden ja pystyisi tekemään päätelmiä valaistusverkon kunnosta. Jos sähköenergian kulutus tai virran arvot laskisivat, voisi päätellä, ettei valaistus olisi kaikilta osin kunnossa.

Valperin pururadalla siirryttiin saneerauksen yhteydessä C2 SmartLight-ohjauksen piiriin, jota käyttää myös monet muut suomalaiset kunnat katuvalaistuksen ohjaukseen. C2 SmartLight on suomalainen teknologiayritys, jonka erikoisosaaminen on tarpeenmukaisen valaistusohjauksen tuottaminen. Älykkään valaistusohjauksen tavoitteena on vähentää valosaastetta sekä pienentää sähköenergian kulutusta. Vähentämällä energiankulutusta sekä valosaastetta, pienennetään myös hiilijalanjälkeä ja valosaasteen määrää kaikkeen elolliseen. C2 kertoo myös kierrättävänsä käytetyt materiaalit tavalla, jolla saadaan mahdollisimman suuri osa uusiokäyttöön. (C2 SmartLight.) Nämä ovat merkittäviä asioita vihreän siirtymän sekä ekologisuuden näkökulmasta.

C2 mahdollistaa monia erilaisia valaistus mahdollisuuksia, jotka vaativat omanlaisensa laitteistonsa. Pururadan valaistuskeskukseen asennettiin C2 moduulit: C2PU-virtalähde, C2CU-keskuslaite, C2RU-releyksikkö sekä C2 LuconC. Näillä kaikilla laitteilla on oma tehtävänsä. C2PU:n tehtävä on nimensä mukaisesti toimia virtalähteenä. Ilman virtalähdettä laitteisto ei saisi sähköä. C2CU-keskuslaite toimii koko laitteiston pääyksikkönä. Kaikki lisälaitteet yhdistetään keskuslaitteeseen laajentamaan käyttömahdollisuuksia. Keskuslaite mahdollistaa myös etäkäyttötoiminnot ja seurantamahdollisuudet. Keskusyksikössä on myös paikka sim-kortille, jolla laite saadaan kytkettyä verkkoon. C2CU-laitteessa ei kuitenkaan ole mahdollisuutta kuin yhden lähtevän valaistusryhmän ohjaukseen ja tämän takia keskuksen asennettiin myös C2RU-releyksikkö. C2RU mahdollistaa kolmen lisälähdön kytkennän järjestelmään. Näin saimme kytkettyä kaikki neljä valaistuslähtöä laitteistoon. C2 LuconC:n avulla saadaan liikutettua tietoa valaisinkohtaisesti keskuksen ja valaisimien välillä.

Pururadan älykkään valaistushjauksen pääperiaatteena oli, ettei kaikkia valaisimia pidetä päällä täydellä teholla jatkuvasti, vaan pidetään valaisimia pienellä oletusteholla, kunnes havaitaan liikkuja alueella. Kun järjestelmä havaitsee liikkujan radalla, annetaan valaisimille käsky lisätä valotehoa halutulla tavalla. Kaikkien valaisimien Zhaga-liittimiin asennettiin C2 SmartLumo Z-moduulit, jotka mahdollistavat valaisinkohtaiset ohjaukset. SmartLumo Z-moduulit keskustelevat LuconC-moduulin kanssa ja näin mahdollistetaan halutut ohjaukset. Ohjaukset voivat olla sytytys ja sammutusohjausta tai himmennysohjausta. Kuntoradan vieressä on pieni laskettelurinne, jota valaisee kaksi valaisinta. Näitä valaisimia ei tarvitse eikä haluta pitää päällä jatkuvasti, vaan vain tarpeen tullen. Näiden valaisimien sytytystoiminto toteutettiin C2 SmartLight-painonapilla. Kun painonappia painaa, ohjattavat valaisimet kirkastuvat 100 %:n tehoon 60 minuutin ajaksi, minkä jälkeen valoteho putoaa 50 %:iin 5 minuutin ajaksi ja lopulta himmenee oletusvoimakkuuteen 10 %:n tehoon.



KUVA 10. Keskuksen C2-ohjainlaitteet

Kaikille valaisimille suunniteltiin vastaavanlainen ohjaus kuin laskettelurinteen valaisimillekin. Pururadalla on muutamia eri reittejä, joita pitkin henkilö voi liikkua, joten kaikki mahdolliset kulkusuunnat

on pitänyt ottaa huomioon. Tästä syystä liiketunnistimia piti asentaa maastoon useita. Suunnittelun piti myös huomioida valaisimien paloaikoja suunniteltaessa kesä- ja talvikäytön eroavaisuudet. Talviaikana liikkujat käyttävät suksia, jolloin käyttäjät liikkuvat pururadalla nopeammin, kun taas muina vuodenaikoina liikutaan kävellen.

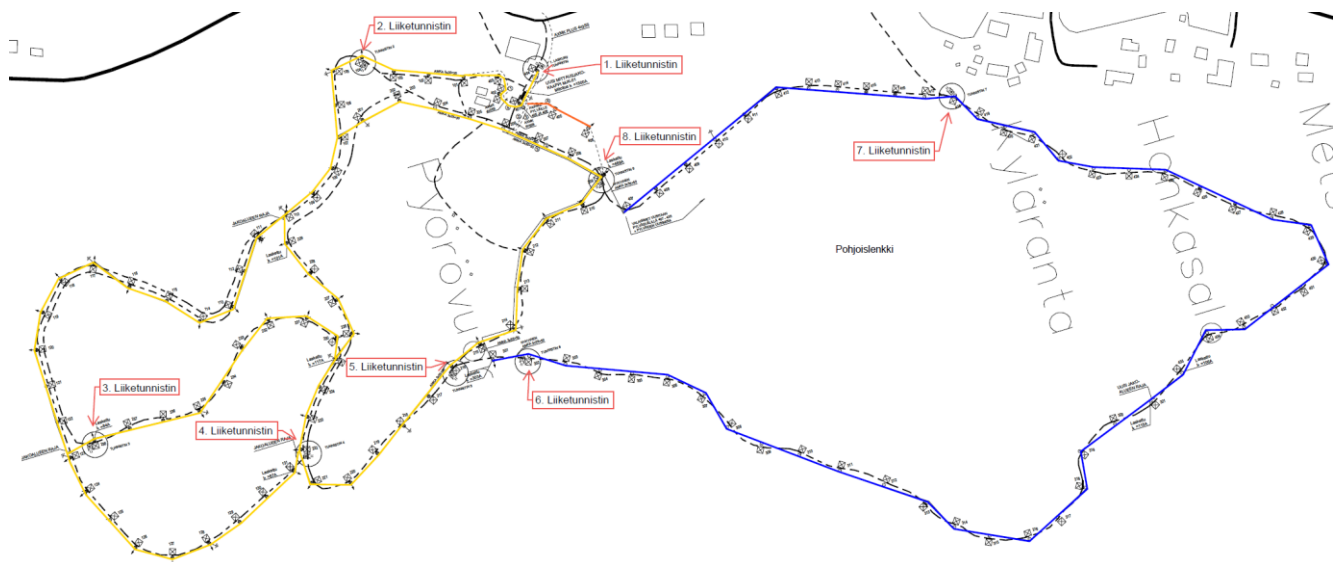
Pihalle tultaessa sisääntuloväylälle asennettiin suunniteltu kävijälaskuri ja maastoon 7 kappaletta C2 SmartLight-liiketunnistimia havaitsemaan pururadan käyttäjät. Tunnistimet vaativat jatkuvan sähkönsaannin ja tunnistimet kytkettiin maastossa valaistuslinjaan, joten suunnittelijan piti huomioida tämä valaistuskeskusta suunniteltaessa. Valaistusryhmiä on neljä ja tunnistimia kytkettiin jokaiseen ryhmään. Tämä toteutettiin niin, että jokaisessa valaistusryhmässä kaikki valot kytkettiin kahdelle vaiheelle, jolloin yhtä vaihetta käytettiin vain tunnistimien ohjaukseen. Ohjaukseen käytettävää vaihetta vaihdeltiin eri valaisturyhmissä vinokuorman vähentämisen takia.



KUVA 11. C2 SmartLight-liiketunnistin

Uudessa C2 valaistuskeskuksesta ei ole hämäräkytkintä, vaan järjestelmässä hyödynnetään kunnan omaa valaistuanturia. Valaistuksen aikaohjauksia on kaksi ja ne toimivat seuraavasti: ensimmäinen aikaohjaus toimii, kun kunnan oma valoisuusanturin mukaan on riittävän hämärää, kytkeytyvät valot päälle ja sammuvat kello 22.00. Toinen aikaohjaus sytyttää valot kello 05.30 ja sammuttaa valot, kun kunnan oma valoisuusanturi havaitsee riittävän valoisuuden. Pururadan ohjauksia on kaksi erilaista, laskettelurinteen ohjauksen lisäksi. Pohjoislenkiksi kutsuttua aluetta ohjataan hieman hitaammalla ohjelmalla kuin muita alueita. Tämä johtuu reittien eri pituuksista sekä maaston muodoista.

Kuvasta (KUVA 12) näemme liiketunnistimien sijainnit. Liiketunnistin 1 on asennettu sisääntuloaukulle ja toimii kävijälaskurina. Muut anturit havaitsevat liikettä maastossa antaen ohjauksia valaistukselle.



KUVA 12. Pururadan liiketunnistimet

Pohjoislenkkiä kuvataan kuvassa (KUVA 12) sinisellä värillä. Jokaiselle valaisimelle on annettu omat käskyt, millä anturiedolla valaisin vahvistaa valoa. Pohjoislenkin valaisimet saavat käskynsä liiketunnistimilta 4, 5, 6, 7, 8. Kun kunnan valoisuusanturi antaa luvan valojen syttymiselle, valot toimivat oletus tilassa 10 %:n voimakkuudella. Kun pohjoislenkillä olevia valaisimia ohjaava tunnistin havaitsee liikettä, nostetaan valojen voimakkuus 100 %:iin 30 minuutin ajaksi, jonka jälkeen valoteho laskee 50 %:iin 10 minuutin ajaksi ja himmenee tämän jälkeen takaisin 10 %:n tehoon.

Keltaisella värillä on kuvattu pururadan muut reitit. Muuta reittiä ohjataan liiketunnistimilla 1, 2, 3, 4, 5 ja 8. Kun tällä alueella havaitaan liikettä, nostetaan valojen voimakkuus 100 %:iin 20 minuutin ajaksi, jonka jälkeen valoteho lasketaan 50 %:iin 10 minuutin ajaksi ja tämän jälkeen valoteho palautuu oletukselle 10 %:n teholle. Kuvassa (KUVA 12) punaisella merkitty linja kuvastaa aikaisemmin läpikäytyä laskettelurinteen valaistusta.

Kuviossa (KUVIO 3) on havainnollistettu kaikkien ohjausten toiminta-ajat. Kuviossa on kuvitettu tilanne, jos kaikki anturit saisivat toiminta ohjauksen samaan aikaan. Tästä huomataan, että pidemmällä pohjoislenkillä valaistus on pidemmän ajan 100 %:n teholla. Laskettelurinteen ohjaukseen eivät vaikuta muut anturit kuin kunnan oma valoisuusanturi sekä painonappi, joka asennettiin rinteen alaosaan.

KUVIO 3. Valaistusohjauksen toiminta-ajat



4 PROJEKTIN SUORITUS

Projekti aloitettiin tammikuussa 2023 ja se valmistui maaliskuussa 2023. Projekti alkoi materiaalien tilauksella. Kaikista materiaaleista oli tehty tarjouskyselyt jo projektin kilpailutusvaiheessa, joten materiaaleja ei tarvinnut kilpailuttaa tässä vaiheessa. Materiaalitilausten jälkeen tilasin kuvassa (KUVA 13) näkyvät jätelavat. Työmaan vieressä oli sopivasti pieni pysäköintialue, jota pystyimme hyödyntämään jätealueena.



KUVA 13. Työmaan jätteiden käsittelypiste

Jäteasiat on hyvä tilata jo hyvissä ajoin, jolloin voidaan välttyä roskien väliaikaisilta sijoituspaikoilta ja ne saadaan lajiteltua heti oikeisiin astioihin. Jätealueet on hyvä pitää siistinä koko projektin ajan, jolloin jätteiden hallinnointi on huomattavasti helpompaa. Projektin jätealueella oli sijoituspaikka vanhoille puupylväille, jätelava vanhoille kaapeleille sekä lava metalliromulle. Vanhoille elohopeapoltti-

moillekin oli oma kierrätyspisteensä. Kun materiaalit ja jätelavat olivat tilattu, ryhdyttiin suunnittelemaan työmaan käynnistystä. Ennen projektin aloitusta pitää kaikki työntekijät perehdyttää kohteen työmenetelmiin sekä turvallisuusasioihin. Perehdytyksessä pyritään ottamaan huomioon kaikki mahdolliset turvallisuuteen sekä työmenetelmiin liittyvät asiat. Perehdytykseen osallistu koneurakoitsijan sekä Eltelin oma henkilöstö, joka työskenteli kohteessa. Perehdytystilaisuudessa kävimme läpi, että mikäli työmaalle tulee uusi henkilö töihin, ei hän saa aloittaa työn tekemistä ennen kuin hän on saanut perehdytyksen työmaahan. Perehdytyksessä kävimme läpi myös työmaalla tarvittavat suojavälineet, jotka olivat: näkyvä ja työhön soveltuva vaatetus, turvakengät, kypärä, suojalasit, tarvittaessa viiltosuojakäsineet sekä kuulosuojaimet. Perehdytyksessä myös ohjeistettiin koneurakoitsijoita, miten pylväsrakenteet asennetaan maastossa.

Tämä projekti toteutettiin talvella, joten valoisaa aikaa oli rajoitetusti, varsinkin kuin työkohteessa olevat valot olivat pois käytöstä. Tästä syystä korostui näkyvän vaatetuksen sekä vilkkuvalojen suuri merkitys työturvallisuuteen. Työmaalla oli käytössä kaivinkoneita, traktoreita, pakettiautoja sekä mönkijöitä, joten näkyvyys työmaalla oli tärkeää. Kaikki projektit tulee aloittaa hyvällä perehdytyksellä. Tällä tavoin vältetään turhia riskejä ja vaaratilanteita. Nolla tapaturmaa pitää aina olla tavoitteena ja siihen pyrittiin myös tässä projektissa.

4.1 Aikataulukus

Alkuperäisen aikataulun mukaan projekti piti toteuttaa syksyllä, etteivät työt pururadalla haittaa hiihtäjiä. Jouduimme kuitenkin muuttamaan aikataulua yhdessä tilaajan sekä koneurakoitsijan kanssa, koska osa pururadasta oli niin märkää, että kalustolla liikkuminen pururadalla olisi aiheuttanut mittavat korjaustarpeet. Sovimme aloituksen ajankohdan sellaiseen hetkeen, kun maa on jäässä. Päätös oli hyvä, koska näin selvittiin suuremmilta korjaustarpeilta.

Keli suosi koko projektin ajan, sillä työmaalla ei ollut missään vaiheessa niin paljoa lunta, että pururadalla olisi pystynyt hiihtämään. Työt suunniteltiin silti etukäteen niin, että radalla oli koko ajan jokin osio auki. Mikäli lunta olisi tullut riittävästi hiihtämiseen, ihmiset olisivat päässeet hiihtämään. Sovimme koneurakoitsijan kanssa viikon etukäteen, mitä osiota aloitetaan seuraavaksi, että tarpeen tullen latu voidaan ajaa. Saneerattava alue aidattiin aina ennen työn aloitusta ja avattiin käyttöön heti töiden valmistuttua. Kuvassa (KUVA 14) esitetään työmaan kalustoa.



KUVA 14. Työmaan kalustoa

4.2 Raportointi

Raportointi on todella tärkeä osa projektin läpivientiä. Toimivalla ja tarkoituksenmukaisella raportoinnilla pystytään seuraamaan aikataulussa pysymistä sekä projektin taloudellista kehitystä. Toimivalla ja tarkoituksenmukaisella raportoinnilla tarkoitetaan, että raportointi sisältää projektille oleellisia raportoitavia yksiköitä, joilla voidaan mahdollisimman tarkkaan seurata etenemää sekä taloutta. Raportoitavat asiat voivat olla tämän laatusissa projekteissa yksittäisiä määriä, kuten esimerkiksi kaivuun metrejä tai isompia kokonaisuuksia, joita voidaan kutsua yksiköiksi. Yksikkö voi sisältää esimerkiksi pylvään pystytyksen, harustamisen ja valaisinvarren asennuksen. Raportoinnissa voi hyödyntää ennalta sovitun laskutukseen perustuvia yksiköitä ja määriä, sillä tämä mahdollistaa myös laskutuksen ajantasaisen seurannan. Tilaaja vaatii usein myös raportointia kohteesta, joten tämä kannattaa myös huomioida yksiköitä suunnitellessa.

Raportointitavat ja menetelmät tulee aina sopia aliurakoitsijan kanssa ennen projektin aloitusta. Pururataprojektissa sovimme, että työmaalta raportoidaan viikoittain, niin aliurakoitsijan etenemää kuin myös oman henkilöstön sähkötoiden etenemää. Maanrakentajalla oli omat raportoitavat yksikkönsä ja sähkötoilla oli omat yksikkönsä. Tilaajalle raportoitui projektin etenemää säännöllisin ajoin sähköpostin välityksellä. Maanrakentajalle ja sähkötoille luotiin omat raportointipohjat, jotka toteutettiin Excelillä.

TAULUKKO 1. Raportointipohja

	A	B	C	H	I	J	K	L	M
1									
2		Valperi pururata							
3				- €	- €	- €	- €	- €	- €
4				VK1	VK2	VK3	VK4	VK5	VK6
5		AH Rakentaminen	Suunn. Määrä						
6		Kaapeliota	400						
7		AXMK 4X35	420						
8		Kaapelisuojakouru	35						
9		Suojaputken asennus	18						
10		Pylvään suoristus	1						
11		Pylvään asennus + varsi	67						
12		Pylvään vaihto + varsi	9						
13		Tukipylvään asennus	2						
14		Kallio tukipaketin asennus	24						
15		Haruksen rakentaminen	40						
16		Maadoitus kuparin asennus	13						
17		Valaisituskeskuksen asennus	1						
18		Vanhon keskuksen purku	1						
19									
20		Purku yksiköt							
21		Puupylvään purku	66						
22		Ilmajohdon purku	2200						
23									
24		ELTEL YKSIKÖT							
25		Pylvään vaihto	9						
26		Valaisimen kytkentä	85						
27		Valaisin ja varsi asennus	41						
28		AMKA kannatin asennus	80						
29		AMKA päättäminen	5						
30		Amka jatkos	5						
31		AMKA veto	3550						
32		AMKA purku							
33		EL500							

Taulukossa (TAULUKKO 1) on esitetty niin sanottu Master Excel, johon koottiin aliurakoitsijan sekä oman henkilöstön suoritteet. Taulukossa näkyvät suunnitellut raportoitavat yksiköt sekä niiden alkupe-
räiset suunnitellut määrät. Vaakariville 3 kirjoitettiin kaava, jolla raportoidut viikkoyksiköt muuttuvat laskutettaviksi määriksi. Sarakkeessa H3 kirjoitettu kaava on muotoa:

=TULOJEN.SUMMA(\$E\$6:\$E\$22;H6:H22)

jossa pystyriivillä E olevat sovitut yksikköhinnat kerrotaan pystyriivillä H olevien viikkosuoritteiden kanssa. Näin kaava laskee viikon 1 laskutettavan määrän. Pystyriivit D-G on piilotettu taulukossa

(TAULUKKO 1), koska opinnäytetyön aloitusvaiheessa sovittiin tilaajan sekä toteuttajan kanssa, ettei opinnäytetyössä käsitellä projektin taloutta euroina eikä prosentuaalisestikaan.

Työmaakerros suoritettiin työmaalle vähintään kerran viikossa, jossa katsottiin työmaan yleisilmettä, työtapoja sekä etenemää. Työmaakerroksilla keskusteltiin työnsuorittajien kanssa, miten on viikko edennyt ja pohdittiin mahdollisesti tulleita haasteita. Viikoittainen projektikatsaus oli myös osa raportointia, jossa käytiin läpi viimeisen viikon etenemä ja tulevan viikon tavoitteet. Projektikatsaus pidettiin hyvin yksinkertaisena, jotta sen läpikäynti ei veisi liikaa aikaa ja jotta se olisi kaikin puolin mahdollisimman selkeä. Projektikatsaus dokumentissa lähes kaikki kohdat oli toteutettu ranskalaisin viivoin tai karttakuvoin. Tärkeimmät aihealueet olivat: projektin yleiskatsaus, etenemä, ensiviikon tulevat työt, tavoitteet ja viikon aikana havaitut turvallisuuspuutteet tai havainnot. Viimeisimpänä kohtana katsauksessa kirjattiin tarvittavat toimenpiteet ja avoimet asiat. Tähän kirjattiin erinäisiä tehtäviä ja se, kenen vastuulle ne kuuluvat. Näin välttyttiin siltä, että työt olisivat jääneet hoitamatta.

4.3 Dokumentointi

Muutosten ja mittausten dokumentointi on tärkeä muistaa pitää ajan tasalla. Tarvittavia tietoja dokumentoinnissa ovat sijaintimuutokset ja mittaustulokset. Maakaapeliverkkoa rakennettaessa tulee usein tilanteita, joissa joudutaan tai on kannattavaa kiertää jokin alue jostakin syystä. Näissä tilanteissa on hyvin tärkeää piirtää niin sanottua punakynäkuva, jolla tarkoitetaan karttakuvaa, johon on piirretty reittimuutokset. Reittimuutokset täytyy kuitenkin aina hyväksyttää maanomistajalla. Pururataprojektissa siirsimme uuden valaistuskeskuksen alkuperäisestä paikasta noin 200 metriä, joten kaapelointireitteihin tuli muutoksia. Yksi valaisinpylväs jäi myös asentamatta pururadalle, koska rakentamisen aikana tuli tietoon muutoksia, jotka koskevat pururadan leveyttä yhdessä kaarteessa. Näin ollen yhden pylvään sijaintimuutos sekä yhden pylvään pois jäänti kirjattiin punakynäkuviin ja toimitettiin suunnittelijalle, joka korjasi muutokset lopullisiin suunnitelmakuviin.

Käyttöönottomittaukset tulee suorittaa aina ennen komponenttien käyttöönottoa. Kun pururadalla saimme jonkin alueen uudelleen rakennettua, suoritimme käyttöönottomittaukset sekä tarkastukset, ja tämän jälkeen valot saatiin otettua käyttöön. Käyttöönottotarkastuksessa tarkastettavia kohteita olivat mm. silmämääräiset tarkastukset ilmajohdoille ja maakaapeleille, valaistuskeskuksen merkintöjen tarkastukset, tarvittavat mittaukset keskukselta sekä jokaisesta valaistusryhmästä, pylväsrakenteiden ja

valaisimien tarkastukset. Valaistuskeskuksesta mittasimme syöttökaapelin eristysresistanssit, jännitteet, oikosulkuvirrat, maadoitusresistanssin sekä kiertosuunnan. Jokaisesta johtolähdön maakaapelista mitattiin eristysresistanssit, PEN-johdon jatkuvuus sekä kuormitusvirrat. Kaikkien valaistusryhmien viimeiseltä pylväältä mitattiin ryhmän jännitteet ja oikosulkuvirrat.

5 TAVOITTEET JA YHTEENVETO

Tällä opinnäytetyöllä oli kaksi tavoitetta, joita tarkastellaan tässä osiossa. Ensimmäisenä tavoitteena oli tutkia, minkä suuruisia energiansäästöjä tämän kokoisella projektilla saadaan. Selvitetään tässä osiossa iltaohjauksen (klo 16.00–22.00) aikana saavutettua sähköenergian muutosta. Vanhan valaistusverkon sähköenergian kulutuksen laskenta oli helppoa, sillä valaistuksen ohjaukseen eivät vaikuttaneet mitkään ulkopuoliset tekijät. Uuden valaistuksen kulutuksen laskenta olikin hieman työläämpää. Yhtälössä (3) laskettiin vanhan valaistusverkon kokonaissähköteho, joka oli 14,6 kW. Kun tämä kerrotaan koko tarkastelujakson tuntimäärällä: $14,6 \text{ kW} * 6 \text{ h} = 87,6 \text{ kWh}$, sähköenergiaa kuluu koko iltaohjauksen aikana.

Käyttöönottomittauksista saatiin laskettua kokonaissähköenergiankulutus uudelle valaistukselle, kun koko valaistus oli kytkettynä päälle. Sähköenergian yhtälöllä (2) laskettuna uuden valaistuksen suurin mahdollinen sähköenergian kulutus on 3,97 kWh. Taulukosta (TAULUKKO 3) näemme, että jopa ilman himmennyskäskyjä uusi valaistus kuluttaa yhden tunnin aikana vain 27,2 % vanhan valaistuksen sähköenergiasta. Vaikka valaistus olisi koko ajan täydellä teholla, sähköenergiaa kuluu 10,63 kWh vähemmän tunnin aikana. Kuuden tunnin aikana tällä saavutetaan 63,78 kWh:n säästö. Tämänlaista tilannetta harvoin tulee, koska ohjaukset toimivat järjestelmässä automaattisesti.

Todellisen valaistusverkon sähköenergian kulutuksen laskentaan piti luoda erilaisia skenaarioita, miten ja milloin henkilöt liikkuvat maastossa. Aina kun liiketunnistin havaitsee liikettä, antaa se kirkastuskäskyn tietyille valaisimille, ja yhtä valaisinta voidaan ohjata useilla eri liiketunnistimilla. Tästä syystä jokaisen valaisimen sähköenergian kulutus oli laskettava erikseen. Laskennassa piti myös huomioida ihmisten etenemisnopeus. Laskennassa käytettiin 5 minuutin skaalausta, eli pyritään laskemaan 5 minuutin tarkkuudella, milloin liiketunnistimet havaitsevat liikkeen ja kirkastavat ohjattavat valaisimet.

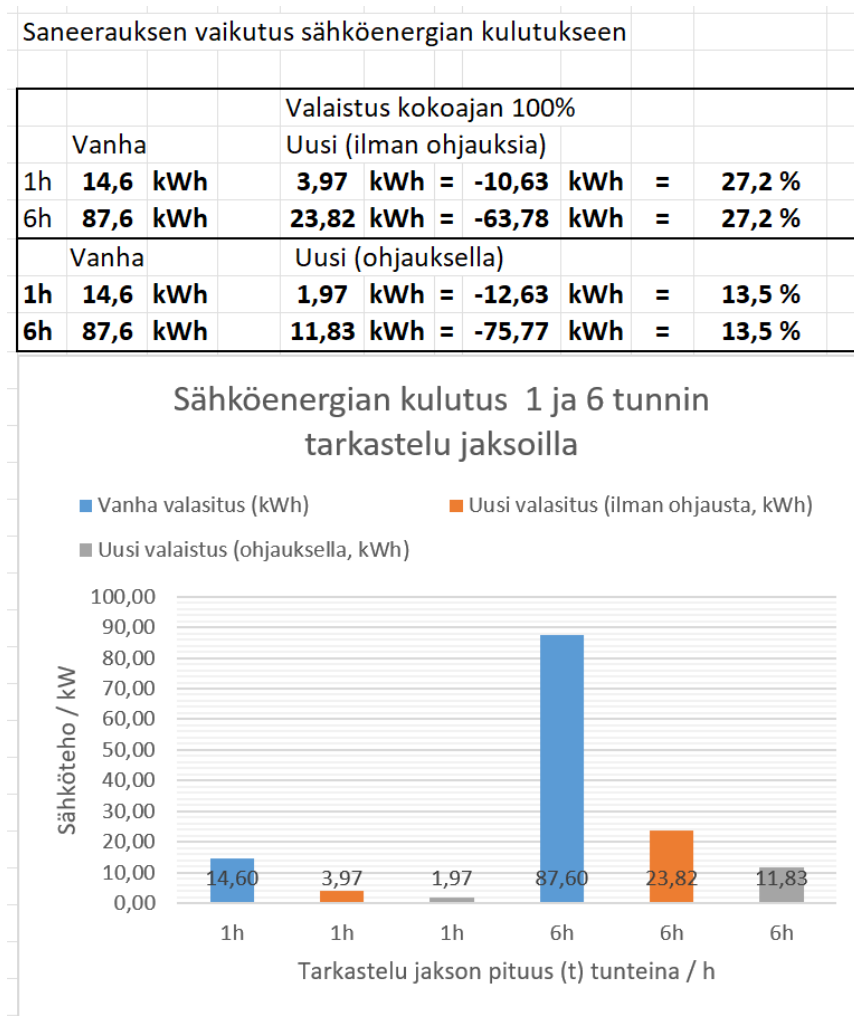
TAULUKKO 2. Skenaariot anturien havainnoista

	SKEN 1	SKEN 2	SKEN 3	SKEN4	SKEN5
Anturi 1	17:00	17:30	18:00	19:00	20:00
Anturi 2	17:10	17:40	18:10	19:10	20:10
Anturi 3	17:20	17:50		19:20	20:20
Anturi 4	17:25	17:55	18:25	19:25	20:25
Anturi 5	17:30	18:00	18:30	19:30	20:30
Anturi 6	17:30	18:00		19:30	20:30
Anturi 7	17:50	18:20		19:50	20:50
Anturi 8	17:55	18:25	18:35	19:55	20:55
Anturi 1	18:00	18:30	18:45	20:00	21:00
Anturi 9	18:00	19:30	21:00		

Tarkkoja laskelmia kulutuksesta on mahdoton laskea, sillä kulutukseen vaikuttavat merkittävästi pururadalla liikkujat. Kulutuksen laskenta ohjattuna perustuu taulukon (TAULUKKO 2) anturien havaintoihin. Skenaariot ovat luotu niin, että ensimmäinen henkilö havaitaan anturilla 1 klo 17.00 ja viimeinen käyttäjä havaitaan anturilla 9 (painonappi) klo 21.00. Näillä skenaarioilla saavutetaan taulukon (TAULUKKO 3) mukaiset muutokset sähköenergian kulutuksessa. Koska kulutus muuttuu anturien havaintojen mukaan, on yhden tunnin kulutus laskettu koko tarkastelujakson kokonaiskulutus jaettuna tarkastelujakson tuntimäärällä.

Kuten aikaisemmin todettiin, uudella valaistuksella ilman ohjausta kulutus on vain 27,2 % vanhaan valaistukseen verrattuna. Kun mukaan otetaan aikaisemmin tarkastellut skenaariot, päästään älykkäällä ohjauksella 13,5 % sähköenergian kulutukseen vanhaan valaistukseen verrattuna. Ohjatulla valaistuksella sähköenergian kulutus on vain 1,97 kWh, jolla saadaan yhden tunnin aikana 12,63 kWh:n säästö. Kuuden tunnin tarkastelussa saadaan 75,77 kWh:n säästöt. Tämä tarkoittaa 86,5 % vähennystä sähköenergian kulutuksessa.

TAULUKKO 3. Muutokset sähköenergian kulutuksessa



Koska valojen toimintaan vaikuttavat vahvasti liikkeet maastossa ja kunnan valoisuusanturin havainnot, voidaan riittävän tarkasti todeta, että samaa skenaariota voidaan käyttää myös aamunohjauksen laskentaan, jolloin saadaan tulokset koko vuorokauden sähköenergian kulutuksesta. Iltaohjauksen yhden tunnin aikana saavutettiin 12,63 kWh:n säästöt, joten kun tämä kerrotaan neljällä tunnilla (05.30–09.30), voidaan todeta vuorokaudessa säästön olevan noin 126,29 kWh:n luokkaa. Tämän kokoluokan säästöihin päästään vuodenaikana, jolloin pimeää aikaa on vuorokaudessa paljon, sillä koko skenaariossa valaistuksen päälläoloaika olisi 05.30–09.30 ja 16.00–22.00. Tarkastelun ajanjaksona toimii marraskuu – helmikuu. Mitä lyhyempi valaistuksen päälläoloaika on, sitä pienemmät ovat myös säästöt sähköenergiassa.

Toisena tavoitteena oli kehittää omaa osaamistani projektipäällikkönä. Tähän projektiin sain itse luoda raportointipohjat niin aliurakoitsijoille kuin myös omaan sisäiseen seurantaan. Loin kaikki seuranta-pohjat Excel-alustalla ja ne toimivat mielestäni erittäin hyvin juuri tässä projektissa. Seurantataulukkoja luodessani jouduin opettelemaan erilaisia kaavoja, joista on varmasti hyötyä minulle myös tulevaisuudessa. Nämä taulukot olen tallentanut yrityksemme järjestelmään siten, että ovat saatavissa myös seuraaviin vastaavanlaisiin projekteihin. Projektin läpivienti vaatii projektipäälliköltä jämäkkää otetta sekä tarvittaessa nopeaa reagointia. Tämä projekti saatiin toteutettua suunnitellusti niin aikataullisesti kuin myös taloudellisestikin, joten projektipäällikkönä voin sanoa, että projekti hoidettiin mallikkaasti kaikkien osallistujien osalta. Jatkotutkimusaiheena voisi tälle projektille olla esimerkiksi tarkempi kulutuksen laskenta kohteesta. Sisääntuloväylälle asennetusta kävijälaskurista saadun tarkan henkilömäärän avulla pystyttäisiin laskemaan keskiarvallisesti tarkempi kulutus pururadan valaistukselle.

Projektissa ei ollut ainuttakaan läheltä piti- tai tapaturma tilannetta. Tämä kertoo kaikkien projektiin osallistuvien työmotivaatiosta sekä ammattitaidosta. Projektia ryhdyttiin suorittamaan nolla tapaturmaa-tavoitteella ja siinä myös onnistuttiin.

LÄHTEET

Ahoranta, J. 2016. *Sähkötekniikka*. 15.–18. painos 2020. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Avustukset ja tuet. Ympäristöministeriö b. Saatavissa: <https://ym.fi/avustukset-ja-tuet>. Viitattu 20.02.2023.

C2 SmartLight. *Vastuullisuus*. Saatavissa: <https://c2smartlight.com/vastuullisuus/>. Viitattu 21.07.2023.

Laukkanen, M. 2023. *Energiatehokkuuden kehittyminen*. Saatavissa: https://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2023/03/32152481_KAK_1_2023_NETTI-23-26.pdf. Viitattu 14.10.2023.

Mitä on vihreä siirtymä. Ympäristöministeriö a. Saatavissa: <https://ym.fi/mita-on-vihrea-siirtyma>. Viitattu 04.07.2023.

Onninen. *Riippukierrekaapeli AMKA*. Saatavissa: <https://www.onninen.fi/hes-cable-riippukierrekaapeli-amka-3x35-50/p/COM651>. Viitattu 19.07.2023.

Peda. *Esimerkki LED*. Saatavissa: <https://peda.net/eurajoki/peruskoulut/oppiaineet/k%C3%A4sity%C3%B6/7-lk-syksy-2016/elektroniikka/esimerkki-led>. Viitattu 14.10.2023.

Reka Kaapeli. *AXMK alumiinivoimakaapeli*. Saatavissa: <https://www.reka.fi/tuoteryhma/axmk/>. Viitattu 19.07.2023.

SFS 6000-8-814:2022. 2022. *Kaapelien asentaminen maahan tai veteen*. 4. painos 2022. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Sähkömaailma. 2023. *Loistelamppujen myynti loppuu*. Saatavissa: <https://www.sahkomaailma.fi/loistelamppujen-myynti-loppuu/>. Viitattu 04.07.2023.

Vega S. Greenled. Saatavissa: <https://greenled.fi/led-valaisimet/tuote/vega-s/>. Viitattu 20.07.2023.

Yritys. Greenled. Saatavissa: <https://greenled.fi/yritys/>. Viitattu 21.07.2023.