

Marko Puharinen

Nerkoon koulun lämmitysjärjestelmän uusimisen tarveselvitys ja hankesuunnitelma



Insinööri (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Kevät 2021



KAMK • University
of Applied Sciences

Tiivistelmä

Tekijä: Puharinen Marko

Työn nimi: Nerkoon koulun lämmitysjärjestelmän uusimisen tarveselvitys ja hankesuunnitelma

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), rakennustekniikka

Asiasanat: tarveselvitys, hankesuunnitelma, lämmitys, energiantarve, lämmitystehontarve

Tämän opinnäytetyön korjaushankkeen aiheena on öljylämmitysjärjestelmän uusimisen tarveselvitys ja hankesuunnitelma. Työ on tehty rakennushankkeen vaiheistuksella tarveselvityksen ja hankesuunnittelun osalta.

Tarveselvityksessä on selvitetty kiinteistön lämmitysjärjestelmän tekniset ja taloudelliset sekä tilahallinnan ja ylläpidon perustiedot. Kuntoarvio perustuu yleisiin teknisiin käyttöikiin, joiden perusteella on arvioitu laitteistojen jäljellä olevaa käyttöikää. Ympäristöselvitykset on tehty niiltä osin, joista on ollut selvä vaikutus tulevien lämmitystapojen valintaan. Kiinteistöstä oli kattavasti tietoa normitetusta energiankulutuksesta ja lisäksi on laskettu ominaislämpöenergian ja -tehon tarve lähtötiedoksi lämmitysjärjestelmän mitoitusta varten hankkeen myöhemmässä vaiheessa.

Tarveselvitykseen pyrittiin ottamaan monta erilaista ratkaisuvaihtoehtoa, joita on vertailtu keskenään toteutusmahdollisuuden, taloudellisuuden, investoinnin, huollon ja CO₂-päästövaikutusten osalta. Pisteyttämällä vaihtoehdot saatiin rajattua vaihtoehtoja hankepääätöstä varten.

Tarveselvityksen tuloksena on esitetty hankepääätöstä varten kaksi vaihtoehtoista uutta lämmitystapaa, kiinteän polttoaineen ratkaisu ja ulkoilma-vesilämpöpumput. Tarveselvitysvaiheessa ei tehty taloudellista tarkastelua, koska kiinteistön sijainti 1-luokan pohjavesialueella ja valtatie 5:n ja Savon radan välittömässä läheisyydessä aiheuttivat omat rajoitteensa joillekin vaihtoehdoille.

Hankesuunnitteluvaiheessa vertailtiin vuotuisten energiakustannusten avulla kumpi vaihtoehdoista olisi järkevämpi ja päädyttiin kiinteän polttoaineen ratkaisuun. Tontin sijoittelun takia kiinteän polttoaineen kontti katsottiin järkevämmäksi toteutusvaihtoehdoksi, josta tehtiin budjettiarvio. Kiinteän polttoaineen kontti on toteutusvaihtoehtona hyvä, jos lämpö ostetaan ulkopuoliselta toimittajalta. Silloin ei tarvitse itse tehdä investointia, vaan investointi maksetaan lämpöenergian hinnassa kulutuksen mukaan.

Abstract

Author: Puharinen Marko

Title of the Publication: Needs assessment and project plan for renewal of the Heating System at Nerkaa school

Degree Title: Bachelor of Engineering, Construction Engineering

Keywords: needs assessment, project plan, heating, energy consumption, heating power

The topic of this thesis is the needs assessment and project plan for the renewal of the oil heating system. The work has been carried out according to construction project phases, concentrating on the phases of needs assessment and project planning.

In the needs assessment phase, the technical and financial information of the property's heating system clarified, as well as the basic information on space management and maintenance. The condition assessment of the heating system is based on general technical service life, based on which the remaining service life of the equipment has been assessed. Environmental studies have been carried out in those respects that have had a clear impact on the choice of future heating methods. The standardized energy consumption information of the property was available. The need for heating energy and power has been calculated as a starting point for the sizing of the heating system at a later stage of the project.

The aim was to study several alternative solutions in the needs assessment. The alternative solutions have been compared with each other in terms of feasibility, economy, investment, maintenance, and CO₂ emissions impacts. By scoring, the options were limited for the project decision.

Two alternative new heating methods, solid fuel solutions and outdoor air/water heat pumps were proposed for the project decision. No economic review was carried out during the needs assessment phase, as the location of the property in the category 1 groundwater area and in the immediate vicinity of the VT5 and Savo railways caused its own limitations on some alternatives.

During the project planning phase, the annual energy costs were used to compare which of the options would be more sensible and the solid fuel solution was chosen. Due to the location of the property, the solid fuel container was considered the most feasible implementation option and a budget estimate was made. As an implementation option, the solid fuel container is good if the heat is purchased from an external supplier. You do not need to make an investment yourself, but the investment is paid for in the price of thermal energy according to consumption.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Hankkeen vaiheet	2
3	Tarveselvitys	3
4	Nerkoon koulun tarveselvitys	5
4.1	Kiinteistön perustiedot	6
4.2	Energian käyttötiedot	6
4.3	Nykyinen lämmitysjärjestelmä	7
4.4	Lämmityksen mitoituslaskenta	8
4.5	Kuntoarvio	9
4.6	Käytön ja omistuksen tarpeet	9
4.7	Lämmitysjärjestelmien alustava vertailu	10
4.8	Hankepäättösehdotus	13
4.8.1	Vaihtoehto 1. KPA kontti	13
4.8.2	Vaihtoehto 2. UVLP:t täyden tehon mitoitukselle ja sähkökattila, teho noin 250 kW	14
5	Hankesuunnitelma	16
6	Nerkoon koulu hankesuunnittelu	17
6.1	Vuosikustannusvertailu	17
6.2	KPA-kontti kustannusarvio	18
6.2.1	KPA-kontti	18
6.2.2	Rakennustöiden kustannusarvio	20
7	Yhteenvedo	21
	Lähteet	22
	Liitteet	

Termit ja lyhenteet

A	pinta-ala
C_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti
C_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti
H_{iv}	Ilmanvaihdon lämpöhäviö
H_{joht}	Vaipan ominaislämpöhäviö
$H_{vuotoilma}$	Vuotoilman lämpöhäviö
KPA	Kiinteä polttoaine
kWp	Aurinkokennon nimellisteho
$Q_{lisälämmitys}$	Lisälämmityksen energiantarve yhteensä
$Q_{lisälämmitys, tilat}$	Tilojen lisälämmityksen energiantarve
$Q_{alapohja}$	Johtumishäviö alapohjan läpi
Q_{ikkuna}	Johtumishäviö ikkunoiden läpi
$Q_{iv, korvausilma}$	Korvausilman lämpenemisen energiantarve
Q_{joht}	Johtumishäviö rakennusvaipan läpi
$Q_{kylmäsililat}$	johtumishäviö kylmäsiltojen läpi
$Q_{lisälämmitys, lkv}$	LKV lisälämmityksen energiantarve
Q_{LKV}	Käyttöveden lämmitysenergian tarve, todellisen kulutuksen mukaan
$Q_{LP, lämmitys, LKV}$	Lämpöpumppujen tuottama LKV:n lämmitysenergia
$Q_{LP, lämmitys, tilat}$	Lämpöpumppujen tuottama tilojen lämmitysenergia
$Q_{LP/Q, lämmitys, tilat, lkv}$	UVLP:n kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta
Q_{ovi}	Johtumishäviö ovien läpi
Q_{tila}	Tilojen lämmitysenergian tarve
$Q_{ulkoseinä}$	Johtumishäviö ulkoseinien läpi
$q_{v, p}$	Ilmavirta
$q_{v, poisto} t_{d} t_v$	Ilmanvaihdon ilmavirta/m ²
$q_{v, vuotoilma}$	Vuotoilmavirta
$q_{v, lkv}$	LKV mitoitusvirtaama
$Q_{vuotoilma}$	Vuotoilman lämpenemisen energian tarve
$Q_{yläpohja}$	Johtumishäviö yläpohjan läpi
SCOP	Lämpöpumpun vuosihyötysuhde
$T_{lkv} - T_{kv}$	lämpötilaero
T_m	Korkein menoveden lämpötila
t_s	Mitoitussisälämpötila
t_{sp}	sisään puhalluksen mitoituslämpötila
t_u	Mitoitusulkolämpötila

V_{kok}	Keskimääräinen veden kokonaiskulutus vuodessa
$W_{\text{LP, lämmitys}}$	Lämpöpumppujen sähköenergiankulutus
η	Lämmitysjärjestelmän hyötysuhde
ρ_i	ilman tiheys
ρ_v	veden tiheys
ΣH	Kokonaisominaislämpöhäviö
ϕ_{iv}	Ilmanvaihdon lämpöteho
ϕ_{joht}	Johtumislämpöteho
$\phi_{\text{korvausilma}}$	Korvausilman lämpöteho
ϕ_{lkv}	Käyttöveden lämpöteho, jatkuva lämmitys
$\phi_{\text{lkv,kiertohäviö}}$	LKV kiertohäviö
ϕ_{LPn}	UVLP nimellisteho
$\phi_{\text{lpn}}/\phi_{\text{tila}}$	Lämpöpumpun lämpötehon ja tilojen lämmityksen mitoitustehon suhde
$\phi_{\text{lämmitys}}$	Lämmitystehontarve
$\phi_{\text{lämmitys, tilat}}/\phi_{\text{lkv}}$	Lämmityksen mitoitustehon suhde
ϕ_{tila}	Tilan lämpöteho
ϕ_{tuloilma}	Tuloilman lämpöteho
$\phi_{\text{vuotoilma}}$	Vuotoilman lämpöteho

1 Johdanto

Kiinteistönpidossa korjausrakentamisella ylläpidetään tai parannetaan rakennusta. Ylläpidossa korjaustoimenpiteet ovat pienempiä toimenpiteitä kuin peruskorjaus tai -parannustoimet. Teknisten laitteistojen korjaustoimenpiteet ja uusimiset ovat kiinteistön ylläpidossa tärkeitä toimenpiteitä myös peruskorjausten välillä. Teknisten laitteiden uusimistarve voi ilmentyä joko tihentävinä vikaantumisina tai ympärillä olevien olosuhteiden muutoksista johtuvina. Päätös korjaushankkeen aloittamisesta tekee kiinteistön omistaja, kun tarve ilmenee.

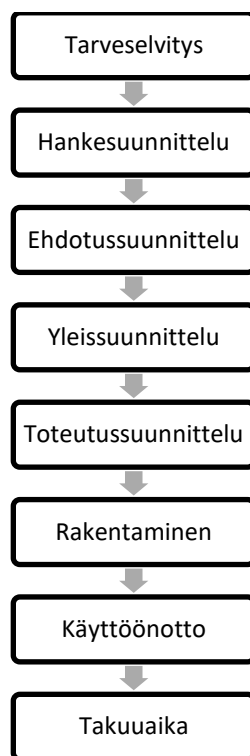
Korjausrakentamisen vaiheet noudattelevat rakennuttamisen vaiheita, soveltaen korjaustoimenpiteen laajuuteen. Hanke aloitetaan tarveselvityksellä, jonka tuloksena on hankepäättösehdotus. Tarveselvityksen tekee yleensä konsultti, jolla on riittävät tiedot ja taidot hankkeen toteuttamiseksi. Kiinteistön omistajan myönteisestä hankepäättöksestä alkaa hankesuunnittelu, jonka tavoitteena on investointipäätös, josta hankkeen tarkempi suunnittelu ja toteutus alkaa.

Opinnäytetyössäni teen tarveselvityksen ja hankesuunnitelman Lapinlahden kunnan Nerkoon koulun lämmitysjärjestelmän uusimishankkeesta. Koulu sijaitsee Nerkoon kylällä ja on rakennettu vuonna 1992. Koulu sijaitsee 1-luokan pohjavesialueella ja on öljylämmitteinen koulu. Nykyisten päätösten mukaisesti 1-luokan pohjavesialueella olevat maanalaiset öljysäiliöt on poistettava 1.1.2021 mennessä (1). Koska Nerkoon koulun lämmitysjärjestelmän tekninen ikä alkaa lähestyä keskimääräistä käyttöikää ja öljysäiliö on sijoitettu maan alle, on lämmitysjärjestelmän uusimisen kokonaistarkastelu järkevä tehdä tässä vaiheessa.

Työssä arvioidaan objektiivisesti eri lämmitysvaihtoehtoja, teknisesti, taloudellisesti ja ympäristöasiat huomioiden. Tavoitteena on tuottaa lämmitysjärjestelmän uusimisen perustiedot päätöksenteon tueksi ja budjetointia varten. Työ on osittain jatkumoa harjoittelun aikana tehdyille energiankulutuslaskelmille, jotka on tehty kunnan liittyessä energiatehokkuussopimukseen.

2 Hankkeen vaiheet

Tarve rakennushankkeelle syntyy, kun toimijan tilantarve tai toiminta muuttuu siten, etteivät nykyiset tilat tyydytä tilan- tai toiminnan tarvetta. Tilantarve voi syntyä toiminnan kasvusta, uudesta toiminnasta tai toiminnan muutoksesta. Rakennushanke käynnistetään tilan tarvitsijan toimesta, tilan tarvitsija voi aloittaa rakennushankkeen itse tai vuokrata tai ostaa uudet tai käytetyt tilat. Rakennushankkeen päävaiheet on esitetty kuvassa 1. Päävaiheissa kuvataan kokonaisen uudisrakennuksen hankkeen vaiheet, joita voidaan soveltaen käyttää korjausrakentamisessa. (2)



Kuva 1. Rakennushankkeen päävaiheet.

Lämmitysjärjestelmän perusparannus- tai korjaushanketta tulee tarkastella kokonaisuuden kannalta, huomioiden vaikutukset talouteen, tekniikkaan, päästöihin ja asennukseen. Kevytöljylämmityslaitteiston ikääntyessä toimintahäiriöt lisääntyvät ja ylläpidon tarve kasvaa. Kun laitteisto on ikäännytynyt, peruskorjaus tai perusparantaminen on suositeltavampaa kuin yksittäisten laitteiden korjaus tai uusiminen. (3)

3 Tarveselvitys

Tarveselvitys aloitetaan rakennuksen omistajan tai käyttäjän aloitteesta. Koko rakennuksen osalta tarveselvitysvaihe on laajempi kuin osittaisen korjauksen tai laajennuksen osalta. Tarveselvityksen perusteella rakennuksen omistaja päättää hankkeen eteenpäinviemisestä, ja tarveselvityksen tulee ottaa kantaa voiko ja kannattaako hanke toteuttaa. Tarveselvityksen tuloksena on hankepäättösesitys, jonka avulla rakennuksen omistaja päättää, tehdäänkö hanke vai ei.

Korjausrakentamisessa tarveselvitysvaihe aloitetaan nykytilan kartoittamisella, jota varten hankitaan lähtötiedot. Lähtötietoihin sisältyvät mm.

- kiinteistön tai korjauskohteen tekniset ja taloudelliset perustiedot
- tilahallinnan ja ylläpidon perustiedot
- mahdolliset kuntoarviot, -tutkimukset ja ympäristöselvitykset.

Tarveselvitysvaiheessa määritellään korjauskohteen käytön ja omistuksen tarpeet:

- Kuvataan toiminta ja tilantarve.
- Asetetaan hankkeelle, taloudelliset, tekniset ja mahdolliset muut tavoitteet.

Laaditaan alustavat kustannusarviot vaihtoehtoista.

Valmistellaan hankepäättös:

- Tehdään tarvittavat tekniset, taloudelliset ja riskianalyysit
- Tarkastellaan hankkeen tarvitsemat luvat, rakennus- ja ympäristölupa
- Tehdään hankepäättösesitys. (2)

Lämmitysjärjestelmän tarveselvitys

Kiinteistö vanhenee käytössä, ja rakenneosat sekä laitteisto kuluvat ajan mittaan. Käytön aikainen kunnossapito ja huolto varmistaa laitteiden toiminnan käyttöiän ajan. Kevytöljylämmityslaitteiden uusimiseen vaikuttavat laitteiston ikä, toiminnan taloudellisuus ja vikaantumiset. Teknisen

käyttöiän lähestyessä loppuaan vikaantumistiheys kasvaa ja toiminnan taloudellisuus heikkenee. Jos lämmittämistä aiotaan jatkaa öljyllä, on peruskorjaus suoraviivaisempi hanke kuin lämmitystavan vaihtaminen. Lämmitystavan vaihtaminen on järkevä tarkastella, jos lämmitysjärjestelmä alkaa olla lähellä käyttöiän päättymistä. Uudemmissa laitteissa on parempi hyötysuhde ja silloin saadaan pienennettyä lämmitysenergiankulutusta, joka on merkittävä kustannus kiinteistönpidossa. Rakennusten lämmitykseen käytetään 26 % energiankulutuksesta Suomessa (4). Lämmitykseen käytettävän energian valinnalla voidaan vaikuttaa käyttökustannuksiin, huollettavuuteen, energiatehokkuuteen ja hiilidioksidipäästöihin.

Teräslevykattilan tekninen käyttöikä on noin 30...40 vuotta (5). Tekninen käyttöikä on yleinen keskimääräinen kokemusperäinen käyttöikä, jonka toteutuminen edellyttää laitteiston suunnittelulta ja toteutukselta hyvää rakennustapaa sekä laitteistoa on huollettu ja hoidettu käyttöohjeiden mukaisesti.

Öljylämmityksen teräslevykattilan keskimääräisen käyttöiän ollessa pitkä ja tekniikan kehittyessä käyttöiän aikana paljon, vanhan laitteiston ominaisuudet vanhenevat vastaavasti. Uudet vastaavat laitteet ovat todennäköisesti hyötysuhteeltaan parempia ja käytettävyydeltään nykyaikaisia. Lämmitysjärjestelmän peruskorjaus kannattaa tarkastella kokonaisuutena.

4 Nerכון koulun tarveselvitys

Nerkoon koulu on rakennettu vuonna 1992 ja laajennettu 2012. Koulussa toimivat peruskoulu, päiväkotii ja esiopetustilat. Päiväkoti on viereisellä tontilla olevassa erillisessä rakennuksessa, joka on aiemmin ollut asunto. Koulun vierestä itäpuolella kulkee valtatie 5 (VT5). Savon rata on koulun länsipuolella välittömässä läheisyydessä. Päiväkodin tontilla on urheilukenttä. Koulun sijainti ja kiinteistörajat näkyvät kuvassa 2.



Kuva 2. Kiinteistörajat ja sijainti.

Koulun kevytöljylämmityslaitteisto on vuodelta 1992 ja siten käyttöikänsä lähestymässä teknisen käyttöikänsä loppua. Öljysäiliö on maanalainen säiliö, joka sijaitsee koulun kattilahuoneen välittömässä läheisyydessä.

Ympäristönsuojelulain perusteella kunnat voivat antaa ympäristönsuojelumääräyksiä, joissa otetaan huomioon paikalliset olosuhteet. Lapinlahden kunta on antanut ympäristönsuojelumääräykset vuonna 2012 (1). Nerכון koulun lämmitysjärjestelmän uusimisen tarve tuli esille määräysten

muuttumisesta. Kiinteistö sijaitsee 1-luokan pohjavesialueella, ja uusien määräysten mukaisesti maan alle sijoitettu öljysäiliö on poistettava määräaikaan mennessä.

Tarveselvityksen aloitukseen vaikuttivat öljysäiliön uusimistarve ja kevytöljylämmityslaitteiston ikä. Selvityksen lähtötietoihin huomioitiin kiinteistölle asennetut ulkoilma-vesilämpöpumput (UVLP), joiden on ollut tarkoitus pienentää öljynkulutusta.

Kunnille on mahdollista saada avustusta öljylämmityksestä luopumiseen. Avustuksen määrä on jopa 25 % investoinnista, kun kunta on liittynyt vapaaehtoiseen energiatehokkuusohjelmaan. (2). Lapinlahden kunta liittyi kuntien energiatehokkuusohjelmaan vuonna 2020.

4.1 Kiinteistön perustiedot

Yhteensä koulun, esiopetustilojen ja päiväkodin tilojen pinta-ala on 1 843 br-m² ja tilavuus 7 019 m³. Tarkemmat pinta-ala ja tilavuustiedot ovat liitteessä 2.

4.2 Energian käyttötiedot

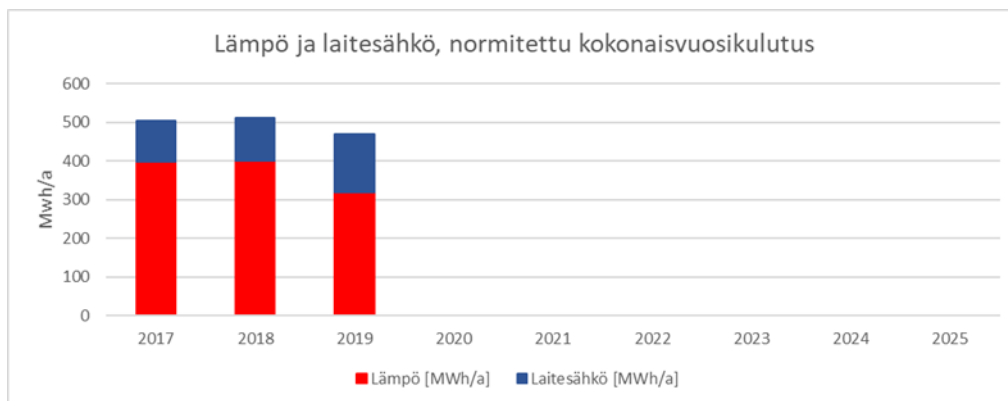
Energiatehokkuussopimukseen liittymiseksi kunnan kiinteistöjen energian ja veden kulutustiedot kerättiin Excel-työkirjaan vuosilta 2017...2019. Työkirja on täydennettävissä vuoteen 2025 saakka. Nerkoon koulun energiankulutustiedot tähän työhön on poimittu em. työkirjasta. Lämpö- ja sähköenergian normitetut vuosikulutukset on esitetty kuvassa 3.

Kiinteistön keskimääräiset vuosikulutukset ennen UVLP:jen asennusta ovat olleet (6):

- Lämpöenergia 400 MWh/a (normitettu)
- Käyttösähkö 108 MWh/a
- Käyttövesi 414 m³/a

Vuonna 2019 asennetut UVLP:t ovat pienentäneet öljynkulutusta, mutta lisänneet sähkönkulutusta. Nettovaikutus on ollut noin 49 MWh/a pienempi energiankulutus kuin aiemmin.

- Lämpöenergia 320 MWh/a (-80 MWh/a)
- Käyttösähkö 149 MWh/a (+31 MWh/a)
- Nettovaikutus -49 MWh/a



Kuva 3. Lämpöenergian ja laitesähkön vuosikulutukset.

4.3 Nykyinen lämmitysjärjestelmä

Nykyinen lämmitysjärjestelmä koostuu alkuperäisestä öljylämmityksestä vuodelta 1992 ja kolmesta UVLP:sta vuodelta 2019. Nykyisen lämmitysjärjestelmän kytkentäkaavio ja lämmityskäyrät ovat liitteessä 1.

Öljykattila on Kaukora Kombi, käyttöönottovuosi 1992

- Teho öljyllä 250 kW
- Teho sähköllä 112,5 kW
- Vesisäiliön tilavuus 430 dm³
- Poltin Oilon KP24-H
 - o Teho 83 - 215 kW
 - o Öljynkulutus 7...18 kg/h.

LKV varaaja 1000 dm³, käyttöönottovuosi 1992

- Mitoitusvirtaama 0,55 dm³/s

UVLP:t Viessmann Vitocal 200-S (201.d13), käyttöönottovuosi 2019 (7)

- Nimellislämpöteho (W55) $P_{rated} = 11,00$ kW
- Energiatehokkuus $\eta_s = 134$ %
- Kausikohtainen tehokkuusluku SCOP = 3,42

UVLP järjestelmään lisätty 300 dm³ varaaja.

Kesällä 2020 kiinteistöön asennettiin 16 kWp aurinkosähköjärjestelmä, jonka tuotto, 11 000 kWh/a, käytetään pääasiallisesti kiinteistössä.

4.4 Lämmityksen mitoituslaskenta

Lämmitysjärjestelmän teho on mitoitettu RT RakMK-103174:n mukaisesti. Laskennan tavoitteena oli saada lämmitysjärjestelmän mitoitusta varten lähtötiedot. Kiinteistölle ei laskettu kokonaisenergiankulutusta, koska työssä tarkastellaan lämmitysjärjestelmän uusimista. Hankkeessa ei tarkastella ja tehdä muutoksia kiinteistön laitesähkönkulutukseen. Kiinteistöstä ei ollut saatavilla laskentaa varten ajantasaista tietoa lämpöhäviöstä. Lämpöhäviöt on laskettu RT RakMK-103174:n mukaisesti käyttäen kunkin osan rakennusajankohdan tyyppillisiä arvoja. Laskenta on esitetty liitteen 2 taulukoissa. (8)

Lämmitysenergiantarpeen laskennassa huomioidaan tilojen lämmitysenergian tarve. Tilojen lämmitysenergiantarpeen laskentakaava on:

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (1)$$

Jossa

Q_{tila}	Tilojen lämmitysenergian tarve
Q_{joht}	Rakennusvaipan johtumislämpöhäviö
$Q_{vuotoilma}$	Vuotoilman lämmitysenergian tarve
$Q_{iv,tuloilma}$	Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpöenergian tarve
$Q_{iv,korvausilma}$	Korvausilman lämpöenergian tarve

Lämmitystehontarve saadaan laskemalla samanaikaiset tehontarpeet yhteen.

$$\Phi_{lämmitys} = \frac{\Phi_{tila}}{\eta_{tilalämmitys}} + \frac{\Phi_{iv}}{\eta_{iv}} + \frac{\Phi_{lkv}}{\eta_{lkv}} \quad (2)$$

Jossa

$\Phi_{lämmitys}$	Lämmitystehon tarve
Φ_{tila}	Tilojen lämmitystehon tarve
$\eta_{tilalämmitys}$	Tilojen lämmitysjärjestelmän hyötysuhde

ϕ_{iv}	Ilmanvaihdon lämmitystehon tarve
η_{iv}	Ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmän hyötysuhde
ϕ_{lkv}	Käyttöveden lämmitystehon tarve
η_{lkv}	Käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde

Lämmitysenergian ja lämmitystehon tarpeen laskenta on esitetty liitteen 3 taulukoissa.

Kiinteistön kokonaislämpöhäviö on 2 845 W/K, lämmitystehontarve on 230 kW ja lämmitysenergian tarve on 327 MWh/a. Lämmitysenergian tarpeen laskennassa käytetty lämmitysjärjestelmän hyötysuhde 0,9 vastaa nykyaikaisen lämmitysjärjestelmän hyötysuhdetta. Toteutunut energian kulutus on suurempi ja ero tulee sekä lämpöhäviöiden oletusarvoista että vanhan kattilan pienemmästä hyötysuhteesta.

4.5 Kuntoarvio

Työhön ei suoraan sisältynyt lämmitysjärjestelmän kuntoarviota. Kiinteistönpidon kannalta keskimääräiset tekniset käyttöiät ovat käyttökelpoisia arvioitaessa korjaustarvetta (5).

Öljykattilan keskimääräinen käyttöikä on 30...40 vuotta, kiinteistön kattila on ollut käytössä 29 vuotta ja on lähestymässä käyttöiän loppua. Sähkölämmitteisten lämminvesivaraajien keskimääräinen käyttöikä on 30 vuotta, ja kiinteistön 1 000 dm³ LKV varaaja alkaa olla käyttöiän lopussa.

Lämmitysjärjestelmän uusimisen yhteydessä on hyvä tarkastaa putkiston kunto. Lämmitysputkiston tekninen käyttöikä sisätiloissa on sama kuin rakennuksen tai järjestelmän ikä (5).

UVLP:t ovat vasta parin vuoden ikäisiä, joten niiden teknistä käyttöikää on vielä jäljellä, ilmalämpöpumppujen tekninen käyttöikä on 10...15 vuotta (5).

4.6 Käytön ja omistuksen tarpeet

Nerkoon lämmitysjärjestelmän käyttötarpeissa on pyritty huomioimaan valittavan lämmitystavan vaikutusta fossiilisten polttoaineiden käyttöön, käytettävyyteen ja huoltotarpeeseen sekä kestävyteen ja karkeasti arvioitu eri vaihtoehtojen keskinäistä kustannustasoa.

Tilantarpeet selvitettiin alustavasti eri vaihtoehtojen kautta. Tarkempi tilantarve ja sijoittelu selvitettiin myöhemmässä vaiheessa, kun todennäköisin toteutusvaihtoehto alkoi olla selvillä. Osa vaihtoehtoista olisi voitu sijoittaa nykyiseen kattilahuoneeseen, osa vaihtoehtoista vaativat lisätilan rakentamista tai laitteistojen sijoittelua tontille kattilahuoneen läheisyyteen tai kauemmas rakennuksista.

Lämmitysjärjestelmien vertailuun tarveselvitysvaiheessa pisteytettiin käytön ja omistuksen tarpeita sekä toteutusmahdollisuudet eri näkökohdista. Käytön tarpeita selvitin työharjoittelun aikana kohdekäyntien yhteydessä tulleiden kiinteistönhuollon huomioiden perusteella. Omistuksen tarpeita tuli esille työharjoittelun aikana keskusteluissa kiinteistöpäällikön ja teknisen johtajan kanssa. Lisäksi keskustelut sekä rakennusvalvojan että ympäristösihteerin kanssa toivat hyödyllisiä lisätietoja.

4.7 Lämmitysjärjestelmien alustava vertailu

Alustavaan vertailuun valittiin mahdollisimman laajasti erilaisia ratkaisuja, jotta hankesuunnitteluun saatiin realistiset vaihtoehdot. Kiinteistö sijaitsee 1-luokan pohjavesialueella, joka asettaa rajoituksia lämmitysjärjestelmälle. Lisäksi kiinteistön rajalla kulkee VT5 ja välittömässä läheisyydessä Savon rata.

Vertailuun valitut vaihtoehdot lämmitysjärjestelmäksi on esitetty taulukossa 1.

Lämmitystapa	Toteutustapa
1. Öljylämmitys säilytetään	Nykyinen lämmitysjärjestelmä säilytetään, polttoainesäiliö nostetaan ylös maasta ja korvataan uudella maanpäällisellä säiliöllä.
1.1. Öljylämmitys uusitaan	Uusitaan kattila kondenssikattilaksi ja säilytetään nykyiset UVLP:t. Polttoainesäiliö nostetaan ylös maasta ja korvataan uudella maanpäällisellä säiliöllä.
2. Maalämpö	Maalämpökeskus, vrt. Alapitkän koulu
3. Kaasulämmitys	Uusitaan kattila kondenssikattilaksi, johon voidaan liittää kaasupoltin. Mahdollisesti monipolttoainekattila. Polttoainesäiliö nostetaan ylös maasta ja korvataan uudella maanpäällisellä säiliöllä.
4. Kiinteä polttoaine (puu) kattila	Uusitaan kattila ja poltin sekä polttoaineen varastointi ja syöttö sopivaksi kiinteälle polttoaineelle. Laitteet hankitaan erillisinä ja asennetaan nykyiseen lämmönjakohuoneeseen, polttoainevarasto tilan ulkopuolelle nykyisten UVLP laitteiden lähelle.
4.1. Kiinteä polttoaine (puu) kontti	Hankitaan nykyisen lämmitysjärjestelmän tilalle kiinteän polttoaineelle toteutettu lämmityskontti.
5. UVLP + nykyinen lämmitysjärjestelmä	Uusi täyden tehon UVLP ja nykyinen öljylämmitys sekä UVLP:t jätetään rinnalle.
5.1. UVLP + tukilämmitys (öljy)	Uusitaan lämmitysjärjestelmä siten, että UVLP mitoitetaan täydelle teholle ja vastaavan kokoinen öljykattila hankitaan rinnalle. Vanha järjestelmä puretaan pois.
5.2 UVLP + tukilämmitys (sähkö)	Uusitaan lämmitysjärjestelmä siten, että UVLP mitoitetaan täydelle teholle ja vastaavan kokoinen sähkökattila hankitaan rinnalle. Vanha järjestelmä puretaan pois.
6. Kaukolämpö	Liittyminen kaukolämpöön.

Taulukko 1. Vaihtoehdot lämmitysjärjestelmäksi.

Maalämmön osalta selvitettiin Lapinlahden kunnan rakennusjärjestyksen vaatimukset, joissa todetaan tarvittavan toimenpidelupa vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella. Lisäksi rakennusjärjestys vaatii ELY-keskuksen lausunnon pohjavesialueelle (9). Maalämmön osalta arvioitiin, ettei pohjavesialueen luokituksen takia toteutusmahdollisuutta ole.

Kaasulämmityksen osalta selvitettiin kaasun käsittelyn ja varastoinnin vaatimuksia. Nerכון koulun sijainti pohjavesialueella ja VT5:n sekä Savon radan läheisyydessä asettaa suuria vaatimuksia kaasun varastoinnille (10). Kaasulämmityksen osalta arvioitiin, ettei toteutusmahdollisuutta turvaetäisyyksien takia ole.

Kiinteän polttoaineen vaihtoehtoja vertailussa on kaksi, kattilahuoneeseen toteutus ja erillinen konttiratkaisu. Kattilahuoneeseen sijoittaminen olisi vaatinut hakesäiliön sijoittamisen nykyiselle parkkipaikka-alueelle ja huoltoliikenne olisi ollut samassa kuin asioimisliikenne koululle ja päiväkodille. Siksi kattilahuoneeseen sijoitettavan KPA-kattilan toteutusmahdollisuutta ei ole. KPA-kontti eteni yhtenä vaihtoehtona.

UVLP-vaihtoehtoja vertailussa on kolme erityyppistä ratkaisua, joista tarkempaan tarkasteluun eteni UVLP + sähkökattila. UVLP-ratkaisussa tulee huomioida se, että lämmöntuotto on heikko kovilla pakkasilla, jolloin lämmitystarve on suuri. UVLP:t on mitoitettu siten, että rinnalla on täyden lämmitystehon tarpeen lämmitysjärjestelmä. (11)

Kaukolämpö on hyvä ratkaisu silloin, kun se on saatavilla. Lähin kaukolämpöverkko Nerכון koululle on Lapinlahden paloasemalla, jonne matkaa on yli 8 km. Nerכוןlla ei olisi muita kiinteistöjä liittymässä kaukolämpöön. Yhden kiinteistön varaan kaukolämpöverkkoa ei kannata rakentaa.

Vertailut lämmitystavat ja vertailupisteet ovat taulukossa 2. Vertailupisteet ovat vertailukriteerien pisteytysten tulo. Tarkemmat vertailutiedot ovat liitteessä 4.

Vertailun pisteytystapa on mukailtu VoC-prosessista, jossa asiakkaan ääni huomioidaan laajasti ja tehdään painotettu pisteytys (12). Tässä pisteytyksessä ei käytetty painotuksia, mutta pisteiden tulon avulla saatiin poistettua ne vaihtoehdot, jotka eivät ole toteutuskelpoisia tarkasteltavassa kohteessa.

Lämmitystapa	Vertailupisteet
1. Öljylämmitys säilytetään	0
1.1. Öljylämmitys uusitaan	0
2. Maalämpö	0
3. Kaasulämmitys	0
4. Kiinteä polttoaine (puu) kattila	0
4.1. Kiinteä polttoaine (puu) kontti	180
5. UVLP + nykyinen lämmitysjärjestelmä	0
5.1. UVLP + tukilämmitys (öljy)	0
5.2 UVLP + tukilämmitys (sähkö)	240
6. Kaukolämpö	0

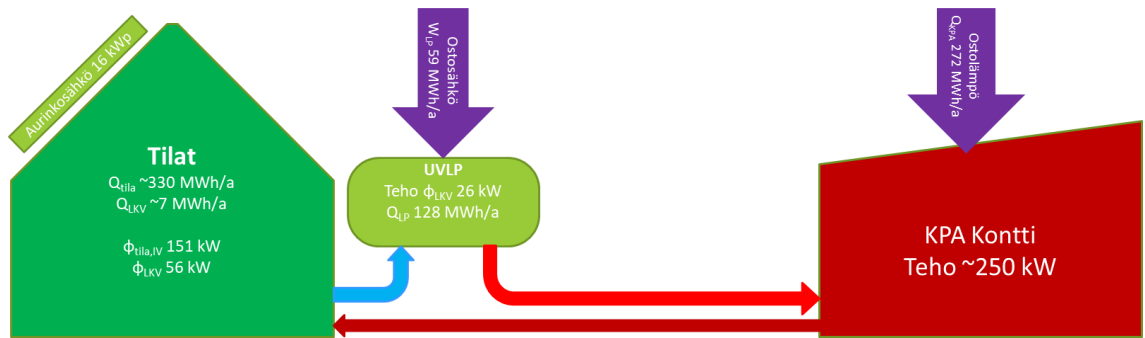
Taulukko 2. Alustavan vertailun tulokset.

4.8 Hankepäättöehdotus

Tarveselvitykseen valittujen lämmitysmuotojen pisteytyksen perusteella hankesuunnitteluun valittiin KPA-kontti ja täydelle teholle mitoitettu UVLP:t sekä sähkökattila tukilämmityksenä. UVLP:t tulee varustaa täyden tehontarpeen tukilämmityksellä, koska niiden tuotto ei riitä kovimmilla pakkasilla.

4.8.1 Vaihtoehto 1. KPA kontti

KPA kontin teho on noin 250 kW, tarkentuu hankkeen suunnitteluvaiheessa. Säilytetään nykyiset UVLP:t, jotka kytketään lämmityspiirien paluukiertoon KPA-kontille. Kytkentäperiaate on esitetty kuvassa 4.



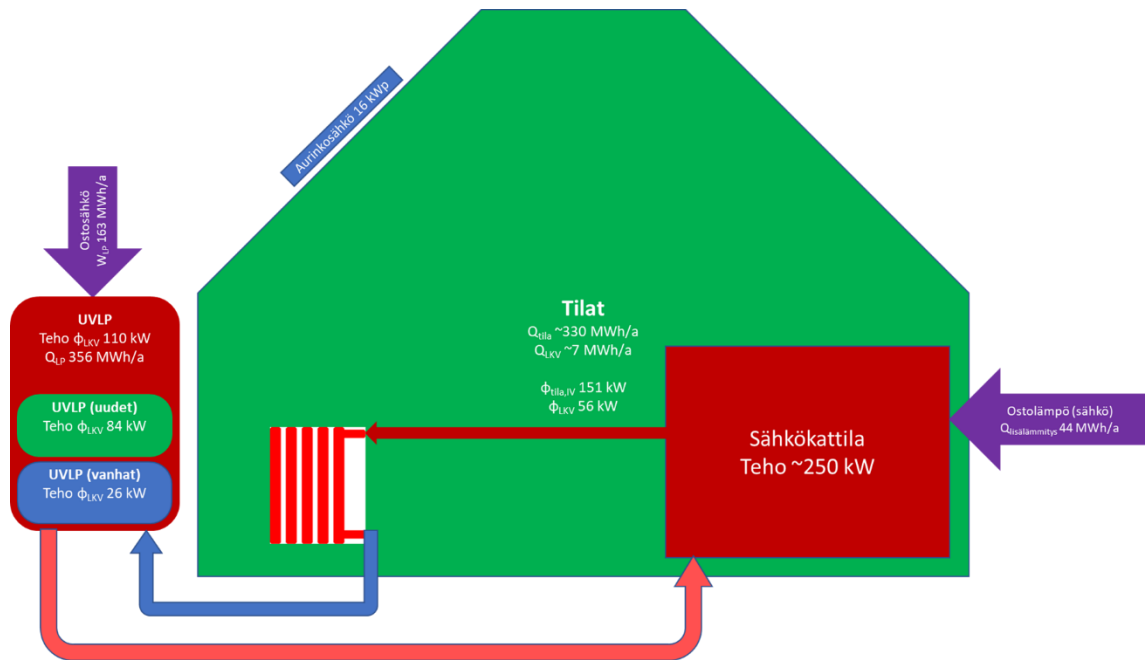
Kuva 4. KPA-kontti.

KPA-kontti sijoitetaan päiväkodin tontille, huoltoliikenteen kannalta parempaan paikkaan. Sijoittelussa pyrittiin minimoimaan huoltoliikenne koulun ja päiväkodin asiointiliikennealueelta. Alustava asemapiirustus on liitteessä 6.

4.8.2 Vaihtoehto 2. UVLP:t täyden tehon mitoitukselle ja sähkökattila, teho noin 250 kW.

UVLP:t täydelle teholla mitoitettiin RT RakMK-103174:n mukaisesti, laskelmat on esitetty liitteessä 5.

Mitoituksessa on käytetty normitettua vuosikulutusta, ennen nykyisten UVLP:jen asennusta. Todettu kulutus 400 MWh/a. UVLP-teho on 110 kW, jolla saadaan katettua 89 % tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarpeesta vuositasolla, ollen 356 MWh/a. Ostoenergian tarve on 207 MWh/a. KytKentäperiaate on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. UVLP + sähkökattila.

Tässä vaihtoehdossa nykyiset kolme lämpöpumppua säilytetään käytössä ja hankitaan rinnalle uudet yhteensä 84 kW pumpput. Tukulämmityksenä on 250 kW teholtaan oleva sähkökattila. Lämpöpumppujen ja sähkökattilan tarkempi mitoitus tehdään suunnitteluvaiheen aikana. Sähkökattila ja mahdolliset UVLP-sisäyksiköt sijoitetaan kattilahuoneeseen nykyisen järjestelmän tilalle. UVLP-ulkoyksiköt sijoitetaan nykyisten UVLP-ulkoyksiköiden läheisyyteen.

5 Hankesuunnitelma

Hankesuunnitelmassa tarkentuvat tarveselvityksen tavoitteet hankkeen vaatimuksiksi ja ohjauksiksi menettelyiksi (2).

Korjausrakentamisen hankesuunnittelu on rajatumpi kuin uudisrakentamisessa. Lämmityslaitteiston uusimishankkeessa teknistä suunnittelua tulee tehdä pidemmälle kuin muissa hankkeissa, jotta kustannusarviosta saadaan riittävän tarkka ja hanke pysyy paremmin rajattuna.

Lämmityslaitteiston uusimishankkeen tarkastelussa tulee selvittää toiminnan turvaamiseksi tehtävät toimenpiteet ja tarkastella talousvaikutukset. Energiatalouden parantaminen on syytä tarkastella sekä samalla mahdolliset ympäristövaikutukset kuten hiilidioksidipäästöt. Korjausrakentamisessa haitta-aine- ja etenkin asbestikartoitus tulisi tehdä hankesuunnitteluvaiheessa. (3)

Hankesuunnittelun tuotoksena on korjaushankkeen laajuustieto, kustannusarvio ja alustava aikataulu.

6 Nerכון koulu hankesuunnittelu

Tarveselvityksen perusteella hankesuunnitteluvaihtoehtoiksi valittiin KPA-kontti ja UVLP + sähkökattilaratkaisut. Toisistaan paljon poikkeavien lämmitysmuotojen osalta päätettiin tehdä alustava vertailu energiankäytön vuosikustannuksesta. Sähkön vertailuhinta on 130 €/MWh (alv 0 %) ja lämpöhakkeen vertailuhinta on 20 €/MWh (alv 0 %).

6.1 Vuosikustannusvertailu

Arvioitiin, että UVLP-ratkaisussa sähkönkulutus kasvaa merkittävästi ja sähkön energiakustannus on merkittävästi suurempi kuin KPA:lla. Vertailussa vuosienergiankulutuksen lähtöarvona käytettiin mitattua ja normitettua 400 MWh/a kulutusta. KPA-laskelma on esitetty taulukossa 3, ja UVLP laskelma on esitetty taulukossa 4.

Ostoenergia	Määrä	Yksikköhinta (alv 0 %)	Vuosikustannus
Lämmityssähkö	59 MWh/a	130 €/MWh	7 670 €/a
Lämpöhake	272 MWh/a	20 €/MWh	5 440 €/a
	331 MWh/a		13 110 €/a

Taulukko 3. KPA-vuosikustannus.

Ostoenergia	Määrä	Yksikköhinta (alv 0 %)	Vuosikustannus
Lämmityssähkö (UVLP)	163 MWh/a	130 €/MWh	21 190 €/a
Lämmityssähkö (kattila)	44 MWh/a	130 €/MWh	5 720 €/a
Yhteensä	207 MWh/a	Yhteensä	26 910 €/a

Taulukko 4. UVLP + sähkökattila vuosikustannus.

Laskelman perusteella todettiin, että UVLP + sähkökattilaratkaisun vuosikustannus on merkittävästi suurempi kuin KPA:lla. Hankesuunnittelun jatkamisen kannalta UVLP + sähkökattilaratkaisu pudotettiin pois ja hankesuunnittelua jatkettiin KPA-konttiratkaisun pohjalta.

6.2 KPA-kontti kustannusarvio

Hankekustannusarvion laadintaan on hyödynnetty sekä KPA-kontista saatua budjettitarjousta Veljekset Ala-Talkkari Oy:ltä että KOR korjausrakentamisen kustannuksia 2019-kirjaa (13).

Hankevaiheen laskelman mukaan hankkeen budjetti-arvio on noin 171 000,00 € (alv 0 %). Tarkempi kustannuslaskenta on liitteessä 7.

6.2.1 KPA-kontti

Budjettitarjous perustuu Veto Cont m4 300 konttiin, jonka teho on 5...300 kW. Teholtaan kontti on sopiva kohteeseen, kun tarveselvityksen perusteella lämmitystehontarve on 230 kW. KPA-kontti on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Veto Cont KPA-kontti.

Veto Cont-kontin toimituksen sisältö on:

- Pannuhuone ja siilo samalla teräsrakenteisella jalustalla.
- Kattila teholtaan 5...300 kW
- Palopää 360 kW
- Jousipurkain
- Siilon koko 29 m³
- Moduulisavupiippu, pituus 9 m
- Logiikkaohjaus
- Sytytysautomaatiikka
- Etäkäyttölaitteisto ja hälytyskeskus
- Tuhkaruuvi

Lisähintaan on saatavissa mm.

- Takakiertojen tuhkaruuvit
- Pariovi taakse, ajosilta sisään

Tarjouksen mukaisesti kontti tuodaan kiinteistölle kokonaisena lavetilla, tilaaja tekee kontille pohjalaatan ja tuo kanaalit, sähkön ja veden piirustuksen mukaisesta paikasta lämmityslaitteiston liittämistä varten.

6.2.2 Rakennustöiden kustannusarvio

Hankesuunnittelussa KPA-kontin sijainti on päiväkodin tontilla, kauempana koulurakennuksesta. Sijaintiin vaikuttivat huoltoliikenteen vaatima tila ja koulun sekä päiväkodin asiointiliikenteen tarve.

Rakennuskustannukset on arvioitu KOR 2019-kirjan mukana tulleen Excel-taulukon avulla (13). Rakennuskustannuksiin on huomioitu maanrakennustyöt, kontin pohjalaatta, tekniikkaosat, hanketehtävät ja kiinteistötehtävät. Lisäksi on tehty varaukset lisä- ja muutostöille sekä riskivaraus. Tarkempi laskelma on esitetty liitteessä 7.

7 Yhteenveto

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä tarveselvitys ja hankesuunnitelma Nerכון koulun lämmitysjärjestelmän uusimisesta Lapinlahden kunnan kiinteistötoimistolle. Koululla on öljylämmityslaitteisto vuodelta 1992, vuonna 2019 koululle on lisätty kolme ilma-vesilämpöpumppua. Pumput ovat Viessman Vitocal 200-S malleja ja asennettu öljylämmityksen rinnalle.

Kohteen energiankulutustiedot olivat tiedossa, mutta ajantasaista lämmityksen mitoituslaskentaa ei ollut saatavilla. Lämmitysenergiankulutus ja lämmitystehontarve on laskettu ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti.

Työn alkuvaiheessa vertailtiin laajasti eri lämmitysmuotoja teknisten, taloudellisten, toteutusmahdollisuuksien ja käytettävyyden kannalta. Tarveselvityksessä haluttiin tehdä mahdollisimman laaja vertailu, koska kohteen sijainnilla on vaikutusta tulevan lämmitysmuodon valintaan. Kohde sijaitsee 1-luokan pohjavesialueella sekä Savon radan ja valtatie 5:n välittömässä läheisyydessä. Maalämpöpumppua ei voitu valita, koska 1-luokan pohjavesialueelle ei saa rakentaa lämpökaivoja. Kaasulämmitystä ei voitu valita Savon radan ja valtatie 5:n välittömän läheisyyden takia, suojaetäisyyksien jäädessä riittämättömiksi.

Hankesuunnittelun alkuvaiheessa tehtiin käyttökustannusvertailu ilma-vesilämpöpumppu + sähkökattilaratkaisun ja kiinteän polttoaineen konttiratkaisun välillä ja todettiin kiinteän polttoaineen konttiratkaisun käyttökustannusten olevan alhaisemmat. Ilma-vesilämpöpumpun rinnalle tulee asentaa täyden lämmitystehon mukainen lämmitys, joka tässä kohteessa olisi ollut sähkökattila, jolloin käyttökustannukset kasvavat sähkönhinnan myötä korkeiksi.

Hankesuunnitelma tehtiin kiinteän polttoaineen konttiratkaisun pohjalta. Ratkaisussa lämmityskontti voidaan sijoittaa tilankäytön kannalta sopivampaan kohtaan tontille.

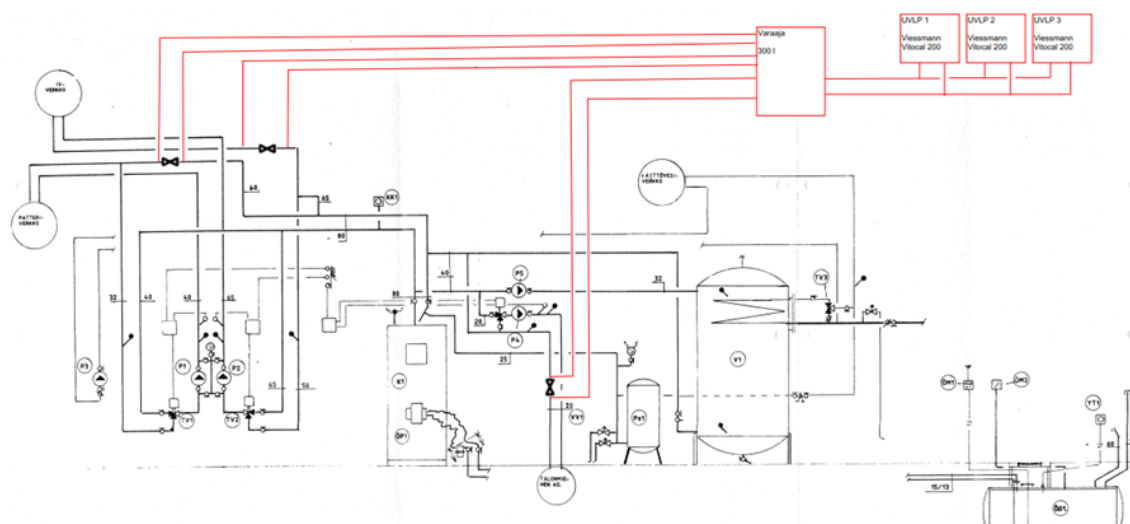
Kohteen sijainti osoittautui merkittävimäksi tekijäksi lämmitysmuodon valinnalle. Jos kohde ei olisi 1-luokan pohjavesialueella, maalämpö saattaisi olla kannattava ratkaisu.

Lähteet

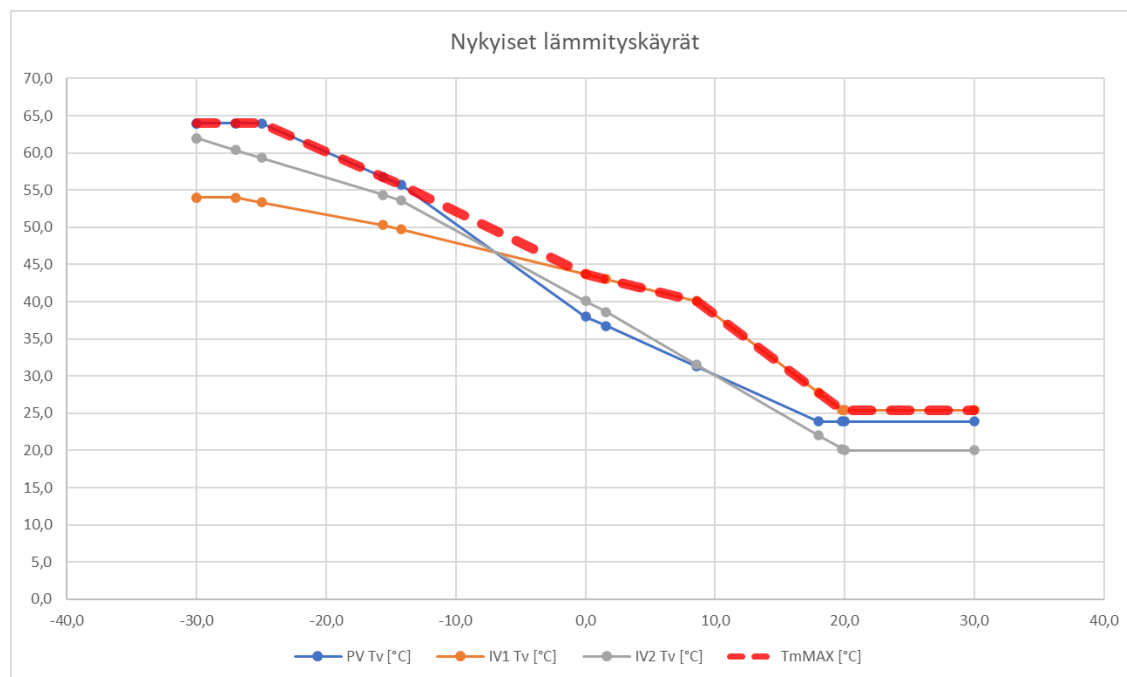
1. Lapinlahden kunta. Lapinlahden kunnan ympäristönsuojelumääräykset 2012. Lapinlahti;; 2012 kesäkuu 1.
2. Junnonen JM, Kankainen J. Rakennuttaminen. 5th ed. Junnonen JM, Kankainen J, editors. Helsinki: Rakennustieto Oy; 2016.
3. Rakennustieto Oy. Kevytöljylaitteiden uusiminen. ; 2006. Raportti nro: LVI 10-10403.
4. Tilastokeskus. energia2019. [Internet].; 2020 [viitattu 2021 02 14. www: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2019/data/k1_6_s.pdf.
5. Rakennustieto Oy. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. ; 2008. Raportti nro: RT 18-10922.
6. Lapinlahden kunta. Kiinteistöt energiankulutus. Lapinlahti;, Tekninen osasto; 2020.
7. Viessmann Oy. Split ilma-vesilämpöpumppu. Vitocal 200-S. 2020 Oct;; 4.
8. Ympäristöministeriö. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, Ohjeet 2018. Ympäristöministeriö; 2020. Raportti nro: RT RakMK-103174.
9. Lapinlahden kunta. Rakennusjärjestys. [Online].; 2019 [cited 2021 02 02. www: <https://www.lapinlahti.fi/loader.aspx?id=ad4c2337-6f0d-48ec-9070-d9669ad0b8ca>.
- 10 Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). Tuotantolaitosten sijoittaminen. Opas. . Turvallisuus- ja kemikaalivirasto; 2015. Raportti nro: ISBN 978-952-5649-67-3.
- 11 Motiva. Motiva, lämmitysmuodot. [Internet].; 2020 [viitattu 2021 02 02. www: https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp.
- 12 Karjalainen T, Karjalainen EE. Six Sigma Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä. . Hollola;; 2002.
- 13 Rakennustieto Oy. KOR Korjausrakentamisen kustannuksia 2019. In Oy R, editor. KOR . Korjausrakentamisen kustannuksia 2019. Helsinki: Rakennustieto Oy; 2019. p. 135.

Liitteet

Nykyinen lämmitysjärjestelmä



Kuva 1. Nykyisen lämmitysjärjestelmän kytkentäkaavio.



Kuva 2. Nykyiset lämmityskäyrät.

T_u [°C]	PV T_v [°C]	IV ₁ T_v [°C]	IV ₂ T_v [°C]	$T_{m_{MAX}}$ [°C]
-30,0	64,0	54,0	62,0	64,0
-30,0	64,0	54,0	62,0	64,0
-27,0	64,0	54,0	60,4	64,0
-25,0	64,0	53,4	59,3	64,0
-15,6	56,8	50,3	54,3	56,8
-14,2	55,7	49,7	53,6	55,7
0,0	38,0	43,7	40,1	43,7
1,6	36,7	43,1	38,6	43,1
8,6	31,3	40,1	31,5	40,1
18,0	23,9	27,8	22,0	27,8
19,8	23,9	25,4	20,2	25,4
20,0	23,9	25,4	20,0	25,4
30,0	23,9	25,4	20,0	25,4

$T_{m_{MAX}}$ on menoveden maksimilämpötilakäyrä
Keltaisella merkittyjen solujen arvot interpoloitu

Taulukko 1. Lämmityskäyrän arvot.

Pinta-alat, U-arvot ja ominaislämpöhäviöt

Koulu 1992	Pinta-ala	U-arvo	Ominaislämpöhäviö (H)
AP	1371 m ²	0,36 W/m ² K	493,56 W/K
YP	1371 m ²	0,22 W/m ² K	301,62 W/K
US 1krs	813 m ²	0,28 W/m ² K	227,64 W/K
US 2 krs	340 m ²	0,28 W/m ² K	95,20 W/K
ikkunat	274 m ²	2,1 W/m ² K	575,40 W/K
ovet	21 m ²	1,4 W/m ² K	29,40 W/K
Ominaislämpöhäviö yhteensä:			1722,82 W/K

Taulukko 1. Koulun 1992 rakennettu osuus.

Päiväkoti 1992	Pinta-ala	U-arvo	Ominaislämpöhäviö (H)
AP	98 m ²	0,36 W/m ² K	35,28 W/K
YP	98 m ²	0,22 W/m ² K	21,56 W/K
US	64 m ²	0,28 W/m ² K	17,92 W/K
ikkunat	20 m ²	2,1 W/m ² K	42,00 W/K
ovet	4,5 m ²	1,4 W/m ² K	6,30 W/K
Ominaislämpöhäviö yhteensä:			123,06 W/K

Taulukko 2. Päiväkoti.

Laajennus 2012	Pinta-ala	U-arvo	Ominaislämpöhäviö (H)
AP	80 m ²	0,16 W/m ² K	12,80 W/K
YP	80 m ²	0,09 W/m ² K	7,20 W/K
US 1krs	98,7 m ²	0,17 W/m ² K	16,78 W/K
ikkunat	32,3 m ²	1 W/m ² K	32,30 W/K
ovet	6,1 m ²	1 W/m ² K	6,10 W/K
Ominaislämpöhäviö yhteensä:			75,18 W/K

Taulukko 3. Laajennusosa.

	Koulu [m]	Päiväkoti [m]	Lisäkonduktanssi (Ψ_k)	Lämpöhäviö (H)
Ulkoseinän ja yläpohjan liitos	285	40	0,3 W/(m K)	97,5 W/K
Ulkoseinän ja alapohjan liitos	285	40	0,5 W/(m K)	162,5 W/K
Ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	69	13,5	0,1 W/(m K)	8,25 W/K
Ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	36	2,7	-0,1 W/(m K)	-3,87 W/K
Ikkuna- ja oviliitos	410	29	0,2 W/(m K)	87,8 W/K
Yhteensä:				352,18 W/K

Taulukko 4. Kylmäsillat.

Vaipan ominaislämpöhäviö	H_{joht}	1921 W/K
Vuotoilman lämpöhäviö	$H_{\text{vuotoilma}}$	182 W/K
Ilmanvaihdon lämpöhäviö	H_{iv}	742 W/K
Kokonaislämpöhäviö	ΣH	2845 W/K

Taulukko 5. Ulkovaipan lämpöhäviö.

Lämmitystehontarve

Tilan lämpöteho	ϕ_{tila}	111,46 kW
Johtumislämpöteho	ϕ_{joht}	101,82 kW
Vuotoilman lämpöteho	$\phi_{\text{vuotoilma}}$	9,63 kW
Korvausilman lämpöteho	$\phi_{\text{korvausilma}}$	0,00 kW
Tuloilman lämpöteho	ϕ_{tuloilma}	0,01 kW
Ilmanvaihdon lämpöteho	ϕ_{iv}	39,33 kW
Käyttöveden lämpöteho, jatkuva lämmitys	ϕ_{lkv}	55,94 kW
Lämmitystehontarve	$\phi_{\text{lämmitys}}$	230 kW

Taulukko 1. Lämmitystehontarve.

Johtumishäviö ulkoseinien läpi	$Q_{\text{ulkoseinä}}$	55043 kWh/a
Johtumishäviö yläpohjan läpi	$Q_{\text{yläpohja}}$	50862 kWh/a
Johtumishäviö alapohjan läpi	Q_{alapohja}	59661 kWh/a
Johtumishäviö ikkunoiden läpi	Q_{ikkuna}	100021 kWh/a
Johtumishäviö ovienläpi	Q_{ovi}	6435 kWh/a
Johtumishäviö kylmäsiltojen läpi	$Q_{\text{kylmäsilto}}$	54218 kWh/a
Johtumishäviö rakennusvaipan läpi	Q_{joht}	326241 kWh/a
Vuotoilman lämpenemisen energian tarve	$Q_{\text{vuotoilma}}$	84 kWh/a
Korvausilman lämpenemisen energiantarve	$Q_{\text{iv, korvausilma}}$	861 kWh/a
Tilojen lämmitysenergian tarve	Q_{tila}	327186 kWh/a

Taulukko 2. Tilojen lämmitysenergian tarve.

Käyttöveden lämmitysenergian tarve, todellisen kulutuksen mukaan	Q_{LKV}	7204 kWh/a
Keskimääräinen veden kokonaiskulutus vuodessa	V_{kok}	414 m ³ /a

Taulukko 3. Käyttöveden lämmitysenergian tarve.

Ilmavuotoluku		4 m ³ /(h m ²)
Vuotoilmavirta	$q_{v, \text{vuotoilma}}$	0,15 m ³ /s
Ilmanvaihdon ilmavirta/m ²	$q_{v, \text{poisto}} t_d t_v$	0,998 dm ³ /(s m ²)
Ilmavirta	$q_{v, p}$	1,546 m ³ /s
Mitoitusulkolämpötila	t_u	-32 °C
Mitoitussisälämpötila	t_s	21 °C
Lämmitysjärjestelmän hyötysuhde	η	0,9
sisään puhallus mitoituslämpötila	t_{sp}	18 °C
ilman tiheys	ρ_i	1,2 kg/m ³
ilman ominaislämpökapasiteetti	c_{pi}	1 kJ/(kg K)
LKV mitoitusvirtaama	$q_{v, lkv}$	0,25 dm ³ /s
veden tiheys	ρ_v	1000 kg/m ³
veden ominaislämpökapasiteetti	c_{pv}	4,2 kJ/(kg K)
lämpötilaero	$T_{lkv} - T_{kv}$	50 K
LKV kiertohäviö	$\phi_{lkv, \text{kiertohäviö}}$	0,002 kW/m ²
pinta-ala	A	1719 m ²

Taulukko 4. Yksikköarvot.

Vertailutiedot

Lämmitystapa	Toteutustapa	Lisätiedot
1. Öljylämmitys säilytetään	Nykyinen lämmitysjärjestelmä säilytetään, polttoainesäiliö nostetaan ylös maasta ja korvataan uudella maanpäällisellä säiliöllä.	Vähintä mitä on pakko tehdä, koska öljysäiliö on kaivettava ylös ja korvattava maanpäällisellä säiliöllä ympäristömääräysten vuoksi.
1.1. Öljylämmitys uusitaan	Uusitaan kattila kondenssikattilaksi ja säilytetään nykyiset UVLP:t. Polttoainesäiliö nostetaan ylös maasta ja korvataan uudella maanpäällisellä säiliöllä.	Uusitaan öljykattila sekä oheislaitteet nykyaikaiseksi järjestelmäksi, jolloin saadaan hyötysuhde paremmaksi ja öljynkulutus pienemmäksi.
2. maalämpö	Maalämpökeskus, vrt. Alapitkän koulu	Nerkoon koulu sijaitsee luokan I pohjavesialueella ja sinne ei todennäköisesti saa rakennuslupaa maalämpöputkistolle tai lämpökaivoille.
3. kaasulämmitys	Uusitaan kattila kondenssikattilaksi, johon voidaan liittää kaasupoltin. Mahdollisesti monipolttoainekattila. Polttoainesäiliö nostetaan ylös maasta ja korvataan uudella maanpäällisellä säiliöllä.	Nerkoon koulu sijaitsee VT 5:n ja Savon radan välissä, molempien välittömässä läheisyydessä. Tontti on jonkin verran ahdas ja sinne nestekaasusäiliön ja täyttömahdollisuuden turvallinen sijoitus on erittäin vaikea.
4. Kiinteä polttoaine (puu) kattila	Uusitaan kattila ja poltin sekä polttoaineen varastointi ja syöttö sopivaksi kiinteälle polttoaineelle. Laitteet hankitaan erillisinä ja asennetaan nykyiseen lämmönjakohuoneeseen, polttoainevarasto tilan ulkopuolelle nykyisten UVLP laitteiden lähelle.	Huollon tarve on suurempi kuin öljy- tai kaukolämmössä. Polttoaineiden toimittajia on lähistöllä ja haketta ainakin nyt on saatavilla hyvin.
4.1. Kiinteä polttoaine (puu) kontti	Hankitaan nykyisen lämmitysjärjestelmän tilalle kiinteän polttoaineelle toteutettu lämmityskontti.	Huollon tarve on suurempi kuin öljy- tai kaukolämmössä. Polttoaineiden toimittajia on lähistöllä ja haketta ainakin nyt on saatavilla hyvin.

5. UVLP + nykyinen lämmitysjärjestelmä	Uusi täyden tehon UVLP ja nykyinen öljylämmitys sekä UVLP:t jätetään rinnalle.	UVLP tarvitsee Suomen olosuhteissa mitoitukseltaan täyden tehon varalämmitysjärjestelmän, koska suurimman tehontarpeen aikaan pakkasilla, UVLP:n tuottoa ei ole.
5.1. UVLP + tukilämmitys (öljy)	Uusitaan lämmitysjärjestelmä siten, että UVLP mitoitetaan täydellä teholla ja vastaavan kokoinen öljykattila hankitaan rinnalle. Vanha järjestelmä puretaan pois.	UVLP tarvitsee Suomen olosuhteissa mitoitukseltaan täyden tehon varalämmitysjärjestelmän, koska suurimman tehontarpeen aikaan pakkasilla, UVLP:n tuottoa ei ole.
5.2 UVLP + tukilämmitys (sähkö)	Uusitaan lämmitysjärjestelmä siten, että UVLP mitoitetaan täydellä teholla ja vastaavan kokoinen sähkökattila hankitaan rinnalle. Vanha järjestelmä puretaan pois.	UVLP tarvitsee Suomen olosuhteissa mitoitukseltaan täyden tehon varalämmitysjärjestelmän, koska suurimman tehontarpeen aikaan pakkasilla, UVLP:n tuottoa ei ole.
6. kaukolämpö	Liittyminen kaukolämpöön.	Lähin kaukolämpöä käyttävä kiinteistö on yli 6 km päässä Nerכון koulusta. Alueella ei ole muita isoja kiinteistöjä, jotka voisivat liittyä kaukolämpöön.

Taulukko 1. Vertailut lämmitystavat.

Toteutusmahdollisuus	onko ylipäätään ajateltavissa oleva ratkaisu kohteeseen (0 = ei/1 = kyllä)
Investoinnin hinta	Karkea kolmiportainen arvio investoinnin suuruusluokka vertailussa olevien ratkaisujen kesken.
Polttoaineen saatavuus	Karkea kolmiportainen arvio, 2 vastaava kuin öljy, 1 vaikeampi/työläämpi tmv., 3 helpompi/vähemmän työläs kuin öljy.
Huollon tarve	Karkea kolmiportainen arvio, 2 vastaava kuin öljy, 1 vaikeampi/työläämpi tmv., 3 helpompi/vähemmän työläs kuin öljy.
CO2 päästövaikutus	1 säilyy nykyisellään tai kasvaa, 2 pienenee hieman, pienenee huomattavasti
Avustus öljylämmityksestä luopumiseen	(0 = ei / 1 = kyllä)
Tekninen käyttöikä	arvio korjauksen jälkeisestä jäljellä olevasta käyttöiästä.

Taulukko 2. Pisteytysperusteet.

Lämmitystapa	Toteutus-mahdollisuus	Investoinnin hinta	Polttoaineen saataavuus	Huollon tarve	CO2 päästövaikutus	Avustus öljylämmityksestä luopumiseen	Tekninen käyttöikä	Vertailupisteet
1. Öljylämmitys säilytetään	1	3	2	2	1	0	10	0
1.1. Öljylämmitys uusitaan	1	2	2	2	2	0	40	0
2. maalämpö	0	1	3	2	3	1	30	0
3. kaasulämmitys	0	2	2	2	2	1	30	0
4. Kiinteä polttoaine (puu) kattila	0	1	2	1	3	1	30	0
4.1. Kiinteä polttoaine (puu) kontti	1	1	2	1	3	1	30	180
5. UVLP + nykyinen lämmitysjärjestelmä	1	2	2	2	2	0	10	0
5.1. UVLP + tukilämmitys (öljy)	1	1	2	2	2	0	20	0
5.2 UVLP + tukilämmitys (sähkö)	1	1	2	3	2	1	20	240
6. kaukolämpö	0	1	3	3	2	1	30	0

Taulukko 3. Vertailupisteet.

UVLP Mitoitus

UVLP nimellisteho	ϕ_{LPn}	110 kW
Lämmityksen mitoitustehon suhde	$\phi_{\text{lämmitys, tilat}}/\phi_{\text{lkv}}$	2,0
Lämpöpumpun lämpötehon ja tilojen lämmityksen mitoitustehon suhde	$\phi_{\text{lpn}}/\phi_{\text{tila}}$	1,0
Korkein menoveden lämpötila	T_m	64 °C
UVLP:n kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta	$Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$	0,89
Tilojen lisälämmityksen energiantarve	$Q_{\text{lisälämmitys, tilat}}$	43 MWh/a
LKV lisälämmityksen energiantarve	$Q_{\text{lisälämmitys, lkv}}$	0,8 MWh/a
Lisälämmityksen energiantarve yhteensä	$Q_{\text{lisälämmitys}}$	44 MWh/a
Lämpöpumppujen tuottama tilojen lämmitysenergia	$Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}}$	350 MWh/a
Lämpöpumppujen tuottama LKV:n lämmitysenergia	$Q_{LP, \text{lämmitys, LKV}}$	6 MWh/a
Lämpöpumppujen sähköenergiankulutus	$W_{LP, \text{lämmitys}}$	163 MWh/a
Ostoenergian tarve		206,9 MWh/a

Taulukko 1. UVLP mitoitettu täydelle lämmitystehontarpeelle.

UVLP nimellisteho	ϕ_{LPn}	26 kW
Lämmityksen mitoitustehon suhde	$\phi_{\text{lämmitys, tilat}}/\phi_{\text{lkv}}$	2
Lämpöpumpun lämpötehon ja tilojen lämmityksen mitoitustehon suhde	$\phi_{\text{lpn}}/\phi_{\text{tila}}$	0
Korkein menoveden lämpötila	T_m	64 °C
UVLP:n kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta	$Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$	0
Tilojen lisälämmityksen energiantarve	$Q_{\text{lisälämmitys, tilat}}$	267 MWh/a
LKV lisälämmityksen energiantarve	$Q_{\text{lisälämmitys, lkv}}$	5 MWh/a
Lisälämmityksen energiantarve yhteensä	$Q_{\text{lisälämmitys}}$	272 MWh/a
Lämpöpumppujen tuottama tilojen lämmitysenergia	$Q_{LP, \text{lämmitys, tilat}}$	126 MWh/a
Lämpöpumppujen tuottama LKV:n lämmitysenergia	$Q_{LP, \text{lämmitys, LKV}}$	2 MWh/a
Lämpöpumppujen sähköenergiankulutus	$W_{LP, \text{lämmitys}}$	59 MWh/a
Ostoenergian tarve		331 MWh/a

Taulukko 2. UVLP mitoitettu 0,3x lämmitystehontarve.

Hankekustannusarvio

Rakentamiskustannusten laskentalomake

Talo 2000 -nimikkeistön mukaan jaoteltuna

Päiväys	22.1.2021
Tekijä	M. Puharinen
Rakennuskustannukset yhteensä	170 675,59 €
ALV (24%)	40 962,14 €
Rakennuskustannukset	211 637,73 €

Talo 2000	nimike	määrä	yksikkö	€/yks	€	Lisätieto
1	Rakennusosat					
1.1	Alueosat					
1.1.1	Maaosat					
	Kaivannot	10	jm	217,85 €	2 178,50 €	Perusmuurin vieressä olevan maan kaivuu ja sepelitäyttö
	Kanaalit	70	jm	96,15 €	6 730,50 €	Ø32+32/160 mm PN6 kanaaliputkella.
	Täyttöosat	100	m ²	13,08 €	1 308,00 €	Routasuojaus 100mm, kanaali, seinän vierus
1.1.3	Päällysteet					
	Päällysteet	50	m ²	17,67 €	883,50 €	Asfaltin purku piikkaamalla, asfaltointi
	Kasvillisuus	50	m ²	6,41 €	320,50 €	Nurmikon korjaus siirtonurmella
1.2	Talo-osat					
1.2.1	Perustukset	1	jm	227,75 €	227,75 €	Perusmuurin purku, paikallavalettu betoniperusmuuri, betoniantura
	Anturat, perusmuurit, -pilarit ja -palkit	20	jm	64,64 €	1 292,80 €	Routasuojaus 100mm, laattaperustuksen alapuolinen routasuojaus 200mm, salaoja, sepelitäyttö
1.2.2	Alapohja	24	m ²	25,04 €	600,96 €	Maanvaraisen laatan alapuolinen eriste 100/200mm, suodatinkangas, sepelitäyttö
	Alapohjalaatat	24	m ²	46,97 €	1 127,28 €	Pintabetoni 40mm, teräsbetonilaatta 160mm
2	Tekniikkaosat					
	Putkiosat	1	kpl	119 400,00 €	119 400,00 €	Ala-Talkkari tarjousno 11781
	Sähköosat	1	kpl	5 000,00 €	5 000,00 €	Sähkönsyöttö jne tarvittavat
3	Hanketehtävät					
	Työmaatehtävät (työmaatekniikka)	2	erä	3 567,90 €	7 135,80 €	Purkujätteet (rakennusjäte, asbestijäte, asfaltti, puutavara, sekajäte ja sekalainen betonijäte), Työmaatekniikka
	Suunnitellutehtävät	48	m ²	40,00 €	1 920,00 €	Arkkitehti, rakenne, LVI ja sähkösuunnittelu
	Rakennuttamistehtävät	2	erä	6 000,00 €	12 000,00 €	2 kk hankkeen johto
4	Kiinteistötehtävät					
	Lupa- ja liittymismaksut	1	erä	550,00 €	550,00 €	
6	Hankevaraukset					
	Hintatason muutokset					
	Lisä- ja muutostyöt	1	erä	5 000,00 €	5 000,00 €	
	Riskivaraukset	1	erä	5 000,00 €	5 000,00 €	