

# **Vihdin Kirkonkylän**

## **Campusalueen energiahankesuunnitelma**

ENERGIAHANKESUUNNITELMA

DOKUMENTIN NRO 001 Rev A.

**29.5.2024**

A-insinöörit Suunnittelu Oy  
Puutarhankatu 10  
33210 TAMPERE

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	5
2	TEHDYT RAJAUKSET JA PERUSTELUT.....	7
3	VIHDIN CAMPUSALUEEN TARKASTELTAVAT KIINTEISTÖT.....	8
4	CAMPUSALUEEN NYKYINEN ENERGIAJÄRJESTELMÄ.....	11
4.1	Nykyinen aluelämpöverkko ja öljykattilalaitos .....	12
4.2	Rakennusten lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät sekä mitoitustehot .....	13
4.3	Öljykattilalaitoksen toteutunut öljynkulutus.....	13
4.4	Campusalueen toteutunut sähköenergiankulutus.....	14
4.5	Campusalueen toteutunut lämpöenergiankulutus.....	15
4.6	Campusalueen toteutunut kokonaisenergiankulutus.....	15
5	CAMPUSALUEEN VAIHTOEHTOISET ENERGIAJÄRJESTELMÄT .....	17
5.1	Pois suljetut järjestelmävaihtoehdot .....	17
5.2	Maalämpöjärjestelmä .....	17
5.2.1	Campusalueen TRT-mittausten ja EED-simuloinnin tulokset.....	17
5.2.2	Maalämpöjärjestelmän tyyppi ja maalämpökaivokentät .....	17
5.2.3	Maalämpöjärjestelmän laitevalinnat.....	19
5.2.4	Maalämpöjärjestelmän alustava mitoitus.....	20
5.2.5	Maalämpöjärjestelmien alustavat sijoitukset kiinteistöissä .....	20
5.2.6	Maalämpökaivojen lukumäärä ja maalämpökaivokentät.....	21
5.3	Suora sähkölämmitysjärjestelmä.....	25
5.3.1	Mitoitustekniset asiat .....	25
5.4	Hakelämmitysjärjestelmä.....	25
5.4.1	Mitoitustekniset asiat .....	26
5.4.2	Hakekattilalaitoksen tyyppi ja sijoitus .....	26
5.4.3	Sähköliittymän muutostarpeet .....	26
5.5	Biokaasulämmitysjärjestelmä .....	26
5.5.1	Mitoitustekniset asiat .....	27
5.5.2	Laitoksen tyyppi ja sijoitus .....	27
5.5.3	Sähköliittymän muutostarpeet .....	27
5.6	Geoterminen lämmitysjärjestelmä .....	27
5.6.1	Sähköliittymän muutostarpeet .....	28
5.7	Hybridijärjestelmissä huomioitavat asiat.....	28
5.8	Hake + biokaasu + IVLP -järjestelmä ja lauhdelämmön hyödyntäminen.....	28
5.8.1	Mitoitustekniset asiat .....	29
5.9	Hake + sähkökattila + IVLP -järjestelmä ja lauhdelämmön hyödyntäminen.....	29
5.9.1	Mitoitustekniset asiat .....	30
5.10	Biokaasu + sähkökattila + IVLP-järjestelmä ja lauhdelämmön hyödyntäminen .....	30
5.10.1	Mitoitustekniset asiat .....	30
5.11	Yhteenveto järjestelmälaitteiden tehoista.....	31
5.12	Lämpölaitosvaihtoehtojen sähkönverkon muutostarvearviot .....	32
5.13	Hiilidioksidin talteenottomahdollisuus lämpölaitoksessa .....	32
5.14	Jääkiekkokaukalon lauhdelämmön määrän ja hyödyntämisen arvioiminen.....	33
5.15	Savukaasun puhdistuslaitteiston mahdollisuus ja optiohintaa asennettuna lämpölaitokseen ....	33
5.16	Biokaasun varastoinnissa huomioitavat asiat.....	34
6	VIHDIN CAMPUSALUEEN KIINTEISTÖJEN ENERGIASIMULOINNIT .....	36

6.1	Energiatarkastelut pääjärjestelmille .....	36
6.2	Energiatarkastelut hybridijärjestelmille .....	36
6.3	Energiasimulointien lähtötiedot ja käytettävä säädata.....	36
6.4	Energiasimulointien tulokset.....	36
6.4.1	<i>Maalämpöjärjestelmä</i> .....	37
6.4.2	<i>Suora sähkölämmitys</i> .....	38
6.4.3	<i>Hakelämmitys</i> .....	38
6.4.4	<i>Biokaasulämmitys</i> .....	38
6.4.5	<i>Geoterminen järjestelmä</i> .....	39
6.4.6	<i>Hakekattila + Biokaasukattila + IVLP -järjestelmä + jäähdytyskoneen lauhdelämpö</i> .....	39
6.4.7	<i>Hakekattila + sähkökattila + IVLP -järjestelmä + jäähdytyskoneen lauhdelämpö</i> .....	40
6.4.8	<i>Biokaasukattila + sähkökattila + IVLP -järjestelmä + jäähdytyskoneen lauhdelämpö</i> .....	40
7	ENERGIAJÄRJESTELMIEN KUSTANNUSRAKENTEET JA -LASKELMAT .....	41
7.1	Nykyisen energiajärjestelmän kustannusrakenne .....	41
7.2	Kustannus- ja kannattavuuslaskelmissa käytettävät energiahinnat.....	42
7.3	Maalämpöjärjestelmän kustannusrakenne .....	42
7.4	Suoran sähkölämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne .....	43
7.5	Hakelämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne .....	43
7.6	Biokaasulämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne .....	44
7.7	Geotermisen lämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne .....	44
7.8	Hake + biokaasu + IVLP -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne .....	44
7.9	Hake + sähkökattila + IVLP -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne.....	45
7.10	Biokaasu + sähkökattila + IVLP -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne .....	45
7.11	Yhteenveto investointikustannusarvioista .....	46
7.12	Yhteenveto ostoenergiakulutuksista ja -kustannuksista .....	47
7.13	Järjestelmävaihtoehtojen energiankäytön hiilidioksidipäästöt .....	49
8	KANNATTAVUUSLASKELMAT.....	50
8.1	Takaisinmaksuajan menetelmä ja yhteenveto järjestelmävaihtoehtojen takaisinmaksuajoista	50
9	HERKKYYSANALYYSIT .....	51
10	KIRKKONIEMEN KOULUN LIITTÄMISEN TARKASTELU .....	53
11	GEOTERMISEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ERILLISSELVITYS.....	54
12	KAASUSÄILIÖN SIOJITUSPAIKKA .....	55
13	TILANLÄMMITYSVERKOSTON PATTEREIDEN VAIHTAMINEN.....	56
14	JÄRJESTELMÄVAIHTOEHTOJEN PERIAATTEELLISET TOIMINTAKAAVIOT .....	57
15	JÄRJESTELMÄVAIHTOEHTOJEN PÄÄKOMPONENTTIEN SIOITTELU CAMPUSALUEELLE .....	57
16	JÄRJESTELMÄVAIHTOEHTOJEN RISKITARKASTELU .....	57
17	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET ENERGIAHANKESUUNNITELMASTA .....	59
18	LIITTEET .....	62
18.1	Maalämpöjärjestelmän alustavat putkireititykset Kirkonkylän Campusalueella .....	62
18.2	Maalämpökaivojen alustavat sijoitukset (Pappilanpellon koulu ja Liikuntahalli) .....	63
18.3	Maalämpökaivojen alustavat sijoitukset (Vihko-koulukeskus).....	64
18.4	Vihko-koulukeskuksen maalämpöjärjestelmän alustavat tilavaraukset .....	65
18.5	Vihko-koulukeskuksen maalämpöjärjestelmän alustava periaatekytkentäkaavio .....	66
18.6	Vihko-koulukeskuksen maalämpöjärjestelmän alustava laiteluettelo .....	67

<b>18.7</b>	<b>Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpöjärjestelmän alustava periaatekytkentäkaavio 68</b>	
<b>18.8</b>	<b>Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpöjärjestelmän alustava laiteluettelo .....</b>	<b>69</b>
<b>18.9</b>	<b>Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpöjärjestelmän alustavat tilavaraukset .....</b>	<b>70</b>
<b>18.10</b>	<b>Kalustohallin alustava IVLP-periaatekytkentäkaavio.....</b>	<b>71</b>
<b>18.11</b>	<b>Kalustohallin alustavat tilavaraukset .....</b>	<b>72</b>
<b>18.12</b>	<b>Kalustohallin alustava IVLP-laiteluettelo .....</b>	<b>73</b>
<b>18.13</b>	<b>Alustava uuden huoltohallin sijoituspaikka (sininen viivoitettu alue) .....</b>	<b>74</b>
<b>18.14</b>	<b>Ote asemakaavasta (Vihdin karttapalvelu).....</b>	<b>75</b>

## 1 JOHDANTO

Vihdin Kirkonkylän Campusalue sijaitsee Nietoinkujalla Vihdissä Kirkkojärven rannalla, ja Campusalueeseen kuuluvat alla luetellut kiinteistöt. Vihko-koulukeskus koostuu vanhasta puolesta (RAK2) ja uudesta puolesta (RAK1).

RAK1+RAK2	- Vihko-koulukeskus – Nietoinkuja 1
RAK3	- Kirkonkylän liikuntahalli – Nietoinkuja 6
RAK4	- Kunnan kiinteistöhoiton varikko – Nietoinkuja 8
RAK8	- Pappilanpellon koulu – Kirkkojärventie 3

Lisäksi energiahankesuunnitelmassa huomioidaan Campusalueen ulkopuolisen Kirkkoniemen koulun vaikutukset energijärjestelmän alustavaan mitoitukseen erillistarkasteluna. Lisäksi arvioidaan Kirkkoniemen koulun lämmitystehontarve ja vuotuinen energiankulutus sekä koulun liitettävyyden vaikutukset.

Kirkkoniemen koulu	- Kirkkoniementie 10
--------------------	----------------------

Energiahankesuunnitelmassa tarkastellaan Vihdin Kirkonkylän Campusalueen nykyisen energijärjestelmän (öljykattilalaitoksen ja siihen liitettyjen Kirkonkylän Campusalueen kiinteistöjen alueöljylämmitysjärjestelmän) muuntamista campusalueella vaihtoehtoiseen energijärjestelmään.

Energijärjestelmävaihtoehdot ovat:

- Hakelämmitysjärjestelmä
- Suora sähkölämmitysjärjestelmä
- Maalämpöjärjestelmä
- Geoterminen lämmitysjärjestelmä
- Biokaasulämmitysjärjestelmä
- Hake + biokaasu + ilma-vesilämpöpumppu -hybridilämmitysjärjestelmä
- Hake + sähkökattila + ilma-vesilämpöpumppu -hybridilämmitysjärjestelmä
- Biokaasu + sähkökattila + ilma-vesilämpöpumppu -hybridilämmitysjärjestelmä

Lisäksi tarkastellaan lämpöakkumahdollisuutta ja jäähdytyksen lauhdelämmön hyödyntämistä jääkiekkokaukalon jäähdytyskoneesta hybridijärjestelmävaihtoehdoissa.

Keskitettyllä järjestelmällä viitataan tässä raportissa siihen, että Campusalueella olisi yksi lämmöntuotantopaikka. Hajautetussa järjestelmässä Campusalueen kiinteistöillä olisi kaksi tai useampi lämmöntuotantopaikka Campusalueella. Hybridijärjestelmässä olisi yksi tai useampi eri lämmöntuotantotapa, mutta yksi lämmöntuotantopaikka.

Hake- ja biokaasujärjestelmävaihtoehdot sekä suora sähkölämmitysjärjestelmä olisivat keskitettyjä järjestelmiä. Geoterminen lämmitysjärjestelmä olisi keskitetty järjestelmä myös. Hybridijärjestelmät olisivat keskitettyjä järjestelmiä, koska lämmöntuotanto-, jäähdytysenergiantuotanto- ja lämmöntalteenottojärjestelmät olisi sijoitettu yhteen lämpölaitosrakennukseen Campusalueelle.

Ulkotekojään jäähdytyskoneen lauhdelämmön talteenoton osalta lämpökontti jäähdytyskoneineen sijaitsisi ulkotekojään vieressä, mutta lämpökontti olisi yhdistettynä aluelämpöverkoston. Lämpökontin sijoitus Campusalueella olisi alustavasti ulkotekojään läheisyydessä.

Energiahankesuunnitelmassa tehdään vertailu Campusalueen kiinteistöjen nykyisten lämmitysjärjestelmän ja vaihtoehtoisten energiajärjestelmien välillä. Lisäksi suoritetaan vaihtoehtoisten energiajärjestelmien alustavien tilatarpeiden tarkastelut sekä alustavat laitteistojen sijoituspaikat Campusalueella. Energiahankesuunnitelma sisältää myös hankekuvauksen ja kiinteistöjen lämmitys- ja energiakulutusten arvioimisen ja laskemisen järjestelmävaihtoehdoissa sekä kustannus- ja takaisinmaksuaikalaskennan.

Lisäksi laaditaan periaatetason toimintakaaviot Campusalueen järjestelmävaihtoehdoista ja siitä, miten järjestelmän pääkomponentit sijoittuisivat Campusalueelle ja mitkä olisivat järjestelmäosien keskinäiset riippuvuussuhteet.

Luotua energiahankesuunnitelma, jota käytetään järjestelmävalinnassa, ei sisällä yleissuunnittelu-työtä, toteutus suunnittelua eikä yksityiskohtaisia järjestelmälaitteistojen mitoituksia, vaan ainoastaan laskennallisesti suoritettua energiateknistä ja taloudellista vertailua nykyisen ja vaihtoehtoisten energiajärjestelmien välillä sekä järjestelmien alustavat mitoitukset ja tilatarpeet Campusalueella.

Maalämpöjärjestelmän tarkasteluissa hyödynnetään myös Kirkonkylän Campusalueella suoritettua TRT-mittausta ja EED-simulointia. Geotermisen lämmitysjärjestelmän osalta hyödynnetään geotermisen lämmön erillisselvitystä.

Energiahankesuunnittelun päätavoitteena on selvittää, olisiko jokin vaihtoehtoista energiajärjestelmistä teknisesti ja kustannustehokkaasti mahdollista ja kannattavaa toteuttaa Campusalueelle ja mitä se edellyttäisi.

- Energiahankesuunnitelman liitteiden lisäksi on erillinen materiaaliaineisto, joka sisältää seuraavat liitteet pdf-muodossa:
  - o Liite 14 EED simulointi pappilanpellon koulu ja liikuntahalli,
  - o Liite 15 EED simulointi Vihko-koulukeskus,
  - o Liite 16 MA luonnos EED RAK 1+RAK 2,
  - o Liite 17 MA luonnos EED RAK 8
  - o Liite 18 TRT Kirkkojärventie 3 kaivo 1
  - o Liite 19 TRT Kirkkojärventie 3 kaivo 2
  - o Liite 20 Geotermisten lämpökaivojen esiselvitys
  - o Liitteet 21 - 27 Järjestelmävaihtoehtojen pääkomponenttien sijoittelu Campusalueella yleistasolla
  - o Liite 28 Järjestelmävaihtoehtojen periaatteelliset toimintakaaviot Campusalueella yleistasolla
  - o Liite 29 Geotermisen lämmitysjärjestelmän erillisselvitys
  - o Liitteet 30 – 35 Lämpölaitosten alustavat laitoslayoutit

## 2 TEHDYT RAJAUKSET JA PERUSTELUT

Energiahankesuunnitelmassa on tehty rajauksia liittyen tarkasteltaviin kiinteistöihin ja järjestelmävaihtoehtoihin.

Pois rajatut järjestelmävaihtoehdot ovat suora sähkölämmitys, kaukolämpö, öljylämmitys ja biopolttoöljylämmitys. Lisäksi tarkasteluista on rajattu pois järvestä lämpöpumpuilla tuotettu lämmitysenergia. Jäteveden lämmöntalteenottojärjestelmä mainitaan vain mahdollisuutena, mutta sitä ei tarkastella sen syvällisemmin tässä hankkeessa, koska yleisellä tasolla jätevedestä on haastavaa ottaa lämpöä talteen pienessä mittakaavassa. Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä keskitettynä päälämmitysjärjestelmänä on rajattu pois sen korkeiden investointikustannusten, huonohkon lämmöntuotantokyvyn alle -20 C asteen pakkasilla sekä kouluympäristön turvallisuus- ja ääniriskien takia. Keskitetty IVLP-järjestelmä soveltuisi paremmin teollisuusympäristöön kuin koulukampusalueelle.

Tarkasteltavien kiinteistöjen osalta tarkasteluissa pidettiin mukana Vihko-koulukeskus, Liikuntahalli, kiinteistönhuollon varikko ja Pappilampellon koulu. Kirkkoniemen koulun mahdollista liittämistä Campusalueen lämmitysjärjestelmään ja sen vaikutuksia käsitellään erillisenä omassa kappaleessaan, eikä sitä oteta mukaan muuhun laskentaan. Hiilidioksidin talteenottojärjestelmää käsitellään mahdollisuutena ja optiona.

Pääenergiajärjestelmien osalta oletuksena on se, että ne toimisivat sekä perus-, keski- ja huippukuormien lämmöntuottajana, kuten myös lisä- ja varalämmön tuottajana. Hybridijärjestelmien osalta jako ensisijaiseen ja toissijaiseen lämmöntuotantotapaan on lämmitystehon osalta 60/40 % alustavasti arvioiden.

Ulkotekojään jäähdytyskoneen lauhdelämmön hyödyntäminen tarkastellaan osana hybridijärjestelmiä. Lämpöakkujen hyödyntämistä ja vaikutuksia tarkastellaan osana hybridijärjestelmiä. Hybridijärjestelmissä on kolmantena lämmöntuotantomuotona ilma-vesilämpöpumppu, jolla tuotetaan lämpöenergiaa järjestelmään silloin, kun se on tarpeenmukaista. Lämpöakkuihin varastoitaisiin sekä talteen otettua ja tuotettua lämpöenergiaa myöhempää käyttöä varten.

Hybridijärjestelmissä ilma-vesilämpöpumpun oletusteho on 600 kW ja lämpöakun oletuskoko 20 m<sup>3</sup>. Huomioitavaa on se, että IVLP:n tehon ja lämpöakun koon tarkempi tarkastelu ja vaikutukset hybridijärjestelmän muihin lämmöntuotantomuotojen tehoihin edellyttäisi monitavoiteoptimointia, koska muuttuvia toisiinsa vaikuttavia tekijöitä on paljon.

### 3 VIHDIN CAMPUSALUEEN TARKASTELTAVAT KIINTEISTÖT

Alla olevassa kuvassa 1 on Vihko-koulukeskuksen (RAK1+RAK2) IFC-malli, jonka etualalla on koulukeskuksen vanha puoli (RAK2) ja taka-alalla koulukeskuksen uusi puoli (RAK1). Mallin kuvaussuunta on Kirkonkylän liikuntahallin suunnasta Vihko-koulukeskukseen päin. Rakennuksen takana on koulukeskuksen viereinen parkkipaikka.



**Kuva 1.** Vihko-koulukeskus.

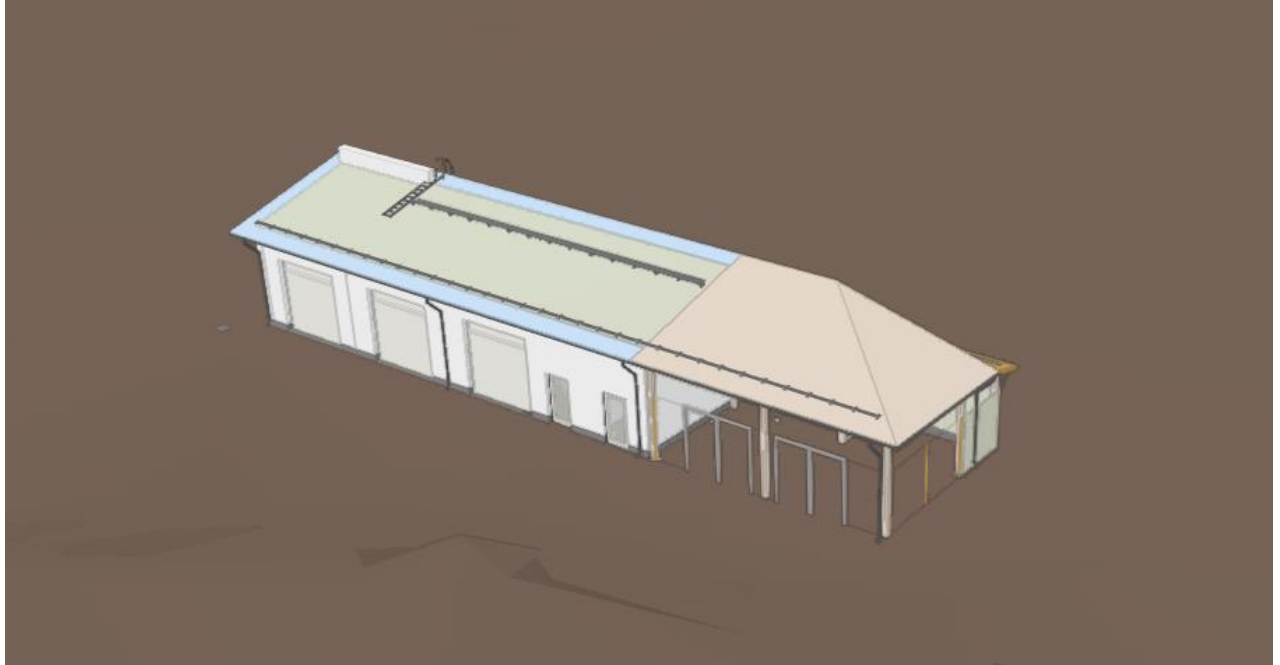
Alla olevassa kuvassa 2 on Kirkonkylän liikuntahallin (RAK3) IFC-malli, jonka kuvaussuunta on Campusalueen jalkapallokentältä Kirkonkylän Liikuntahalliin päin. Liikuntahallin takana sijaitsee yleisurheilukenttä.



**Kuva 2.** Vihdin Kirkonkylän liikuntahalli.

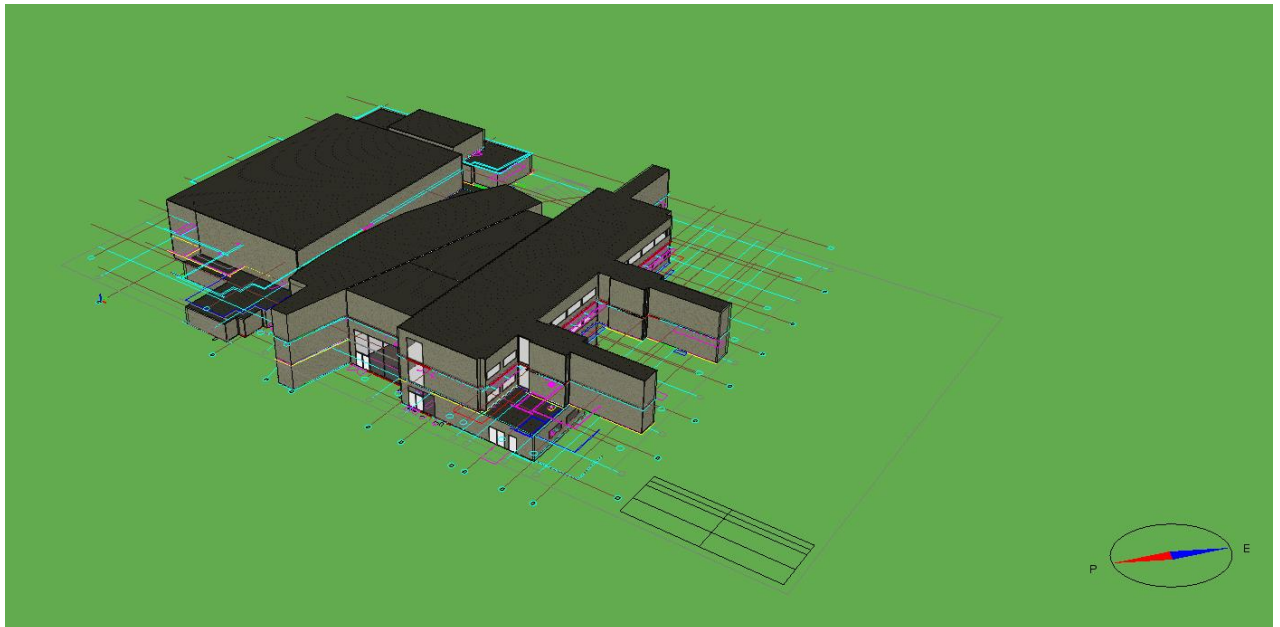


Alla olevassa kuvassa 3 on kunnan kiinteistöhuollon varikon (RAK4) IFC-malli, jonka kuvaussuunta on yleisurheilukentän päädyistä liikuntahallin kulmalta varikolle päin.



**Kuva 3.** Vihdin kiinteistöhuollon varikko.

Alla olevassa kuvassa 4 esitetään Pappilanpellon koulun IDA ICE-malli lännestä päin katsottuna.



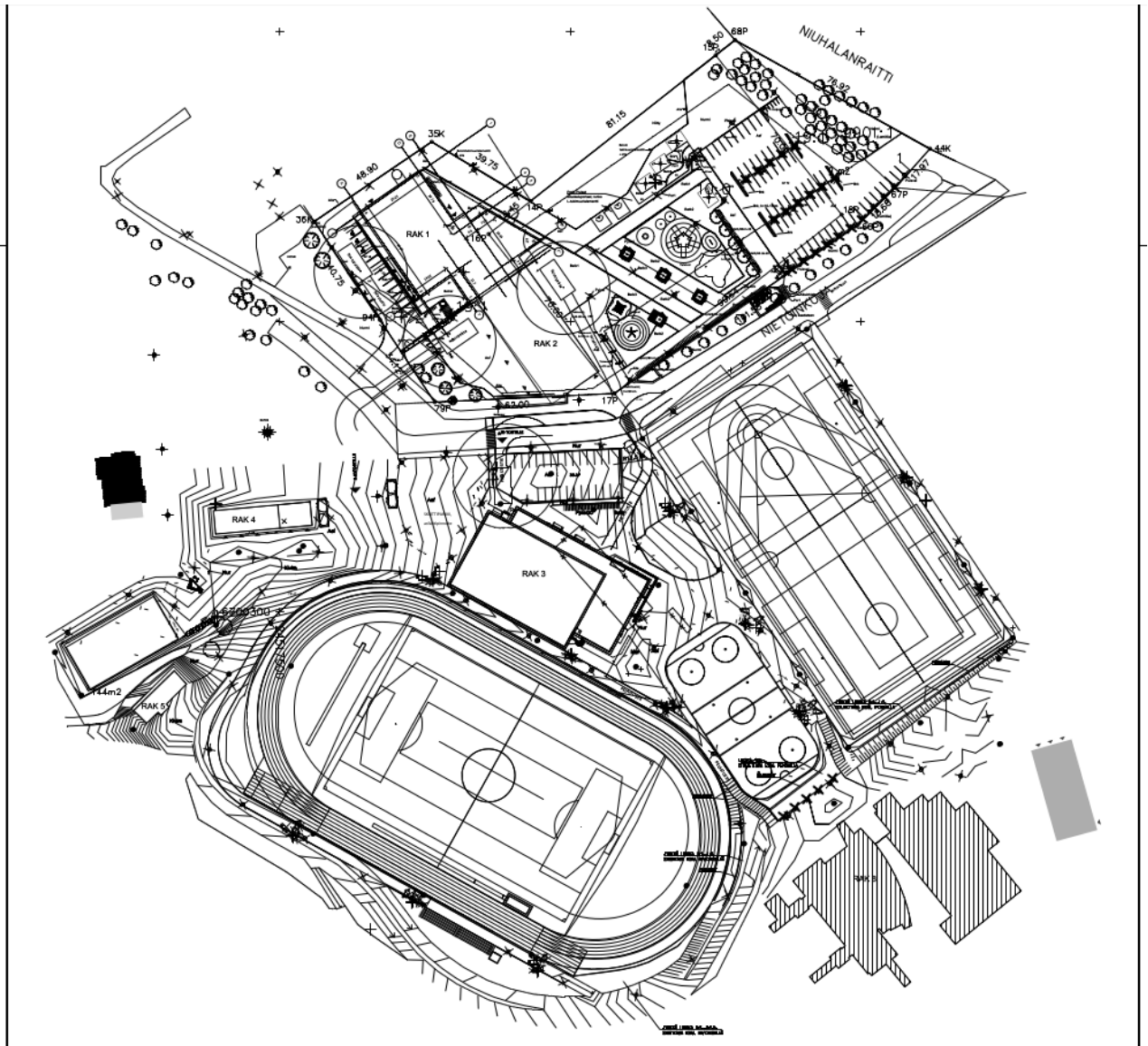
**Kuva 4.** Pappilanpellon koulu.

Kirkkoniemen koulu sijaitsee Campusalueen läheisyydessä olevassa niemessä. Koulun lattiapinta-ala on noin 2 700 brm<sup>2</sup>. Koulu on rakennettu 1950-luvulla. Koulun arvioitu opetusrakennuksen vakioituun käyttöön ja 1950-luvun tyypillisten rakenteiden U-arvoihin perustuva lämmitystehontarve on noin 300 kW (ilmanvaihto, tilanlämmitys ja lämmin käyttövesi). Kirkkoniemen koulun arvioitu lämmitysenergiankulutus on 400 MWh/a ja sähköenergiankulutus on noin 241 MWh/a.

Kirkkoniemen koulun liittämistä Campusalueen aluelämpöverkostoon tarkastellaan omassa kappaleessaan, eikä campusalueen energiankulutus- ja kustannuslaskelmissa oteta huomioon Kirkkoniemen koulun vaikutusta muiden laskelmien yhteydessä. Kirkkoniemen koulun vaikutukset Campusalueen lämmitysjärjestelmän mitoitustehoon ja energiankulutuksiin ja -kustannuksiin huomioidaan erillistarkasteluna omassa kappaleessaan.

#### 4 CAMPUSALUEEN NYKYINEN ENERGIAJÄRJESTELMÄ

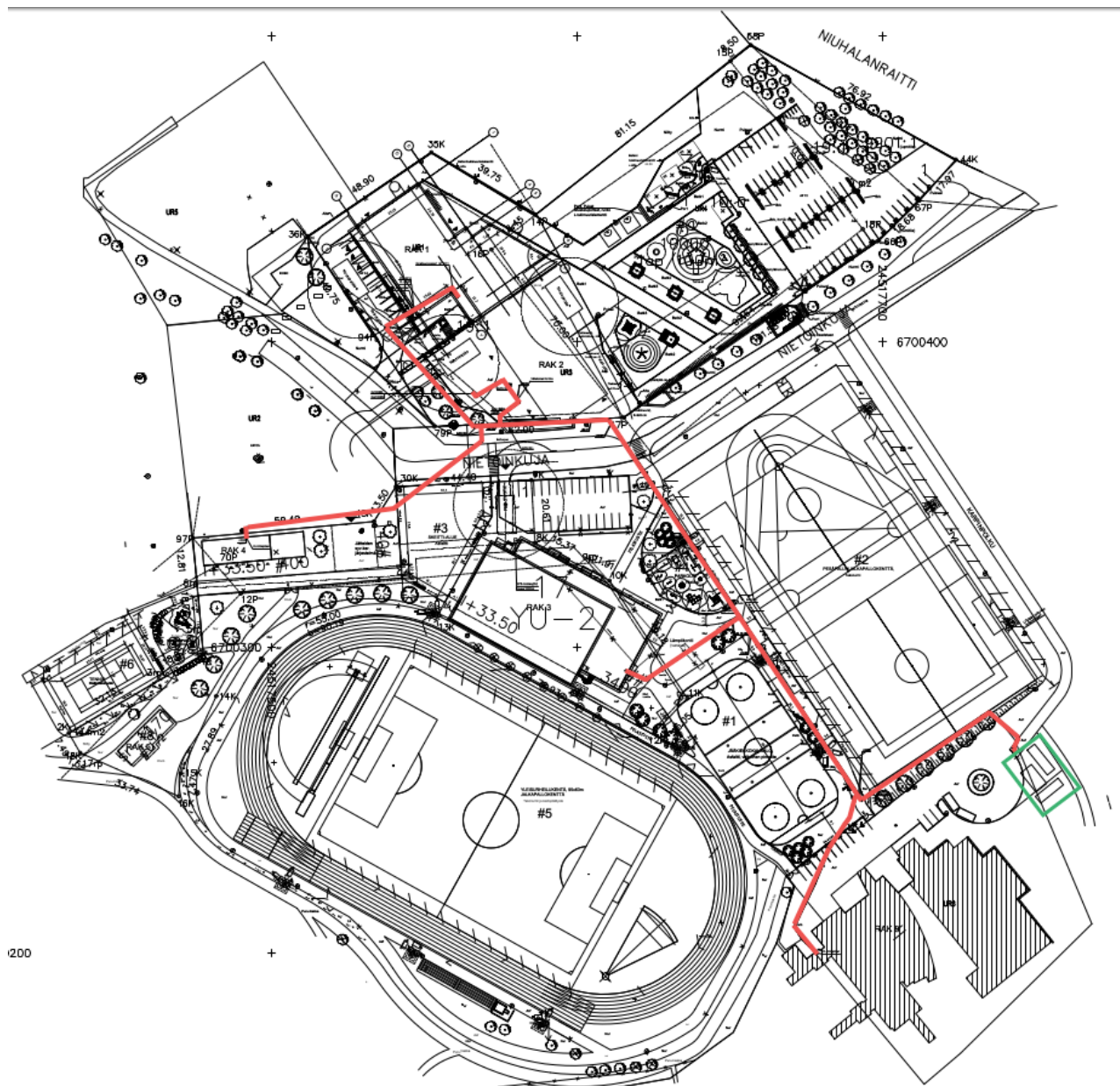
Campusalueen kiinteistöt ovat merkittyinä alla olevaan asemakuvaan. Asemakuvan oikeassa alalaidassa Pappilanpellon koulun (RAK8) vieressä sijaitseva nykyinen öljykattilalaitos on merkittyinä harmaana suorakulmiona. Campusalueen muut tarkasteltavat kiinteistöt ovat Vihko-koulukeskus (RAK1+RAK2) asemakuvan ylälaidassa, kunnan kiinteistöhoiton varikko (RAK4) asemakuvan vasemmalla laidassa ja Kirkonkylän liikuntahalli (RAK3) asemakuvan keskellä yleisurheilukentän vieressä. Pappilanpellon (RAK8) viereinen hiekkakenttä ja metsäalue ovat yleisurheilukentän alapuolella Pappilanpellon koulun vieressä, mutta jäävät asemakuvarajan ulkopuolelle.



Kuva 5. Vihdin Kirkonkylän Campusalueen asemakuva.

#### 4.1 Nykyinen aluelämpöverkko ja öljykattilalaitos

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen kiinteistöjen nykyiset lämmitysjärjestelmät ovat kytkettyinä maanalaiseen aluelämpöverkoston, jonka nykyisenä lämmönlähteenä on Campusalueen laidalla Pappilanpellon koulun vieressä sijaitseva ja asemakuvaan vihreällä suorakulmiolla merkitty öljykattilalaitos. Alun perin öljykattilalaitos oli tarkoitettu väliaikaiseksi ratkaisuksi. Campusalueen nykyisen aluelämpöverkoston maanlaiset vierekkäin kulkevat meno- ja paluuputket ovat merkitty alla olevaan asemakuvaan punaisiin viivoihin. Nykyisellään jokaisella kiinteistöllä on oma erillinen lämmönjakohuoneensa, joiden sijainnit ovat rakennusten kohdalla aluelämpöverkoston päissä. Campusalueen kiinteistöjen kuluttama sähkö on kokonaan ostosähköä. Öljykattilalaitoksen kuluttama öljy on polttoöljyä, joka toimitetaan paikan päälle säiliöautolla.



**Kuva 6.** Vihdin Kirkonkylän Campusalueen nykyinen aluelämpöverkosto (punaiset viivat) ja öljykattilalaitos (vihreä suorakulmio).

## 4.2 Rakennusten lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät sekä mitoitusohjeet

Rakennusten jäähdytys tapahtuu osin IV-koneiden jäähdytyspattereilla tuloilman viilentämisen kautta ja osin huonetiloissa olevien jäähdytyspalkkien välityksellä. Tuloilman lämmityksen, tilanlämmityksen, lämpimän käyttöveden valmistuksen ja lattialämmityksen lämmitysjärjestelmät ovat kytketty maanalaiseen aluelämpöverkoston rakennuskohtaisten lämmönjakohuoneissa sijaitsevien lämmönjakokeskusten välityksellä. Rakennusten tilanlämmitysjärjestelmät ovat vesikiertoisia patterijärjestelmiä, tuloilmanlämmitysjärjestelmät ovat IV-koneiden vesikiertoisia IV-lämmityspattereita ja lattialämmitysjärjestelmät ovat vesikiertoisia lattialämmitysjärjestelmiä. Lämpimän käyttöveden valmistusjärjestelmät, tilanlämmitysjärjestelmät ja IV-lämmitysjärjestelmät on kytketty rakennusten lämmönjakohuoneissa sijaitseviin lämmönjakokeskusten lämmönsiirtimiin. Campusalueen rakennusten IV-koneissa on jäähdytyspatterit, joilla tuloilmaa viilennetään tarvittaessa.

Vihko-koulukeskuksen uuden puolen jäähdytys jäähdytystä tarvitsevilla tiloilla on toteutettu vesikiertoisin jäähdytyspalkkein. Vihko-koulukeskuksen vanhan puolen tiloissa jäähdytystä on keittiötiloissa. Kunnan kiinteistöhuollon varikolla ei ole erillistä jäähdytysjärjestelmää tiloissa. Liikuntahallissa ei ole erillistä jäähdytysjärjestelmää tiloissa. Pappilanpellon koulussa ei ole erillistä jäähdytysjärjestelmää tiloissa muuta kuin keittiötilassa, missä se on toteutettu ilma-vesilämpöpumpulla. Alla olevassa taulukossa esitetään yhteenveto rakennusten lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien mitoitusohjeista. Jäähdytysteho sisältää nykyisten IV-koneiden jäähdytyspatterien ja huonetilojen jäähdytyspalkkien yhteenlasketun jäähdytystehon.

**Taulukko 1.** Campusalueen rakennusten lämmitys- ja jäähdytystehontarpeet (loppupiirustuksista) pois lukien Kirkkoniemmen koulu.

Rakennuksen nimi	Tilanlämmitys [kW]	Ilmanvaihto [kW]	LKV [kW]	LL [kW]	Jäähdytys [kW]	Yhteensä [kW]
Vihko-koulukeskus (uusi puoli, RAK1)	190	328	262	0	271	1 051
Vihko-koulukeskus (vanha puoli, RAK2)	75	625	300	0	0	1 000
Kunnan kiinteistöhuollon varikko (RAK 4)	4	23	74	2	0	103
Kirkonkylän liikuntahalli (RAK 3)	27	241	645	72	0	985
Pappilanpellon koulu (RAK 8)	91	532	340	0	0	963
<b>Campusalueen rakennukset yhteensä</b>	<b>387</b>	<b>1 749</b>	<b>1 621</b>	<b>72</b>	<b>271</b>	<b>4 064</b>

## 4.3 Öljykattilalaitoksen toteutunut öljynkulutus

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen vuotuiset öljynkulutustiedot esitetään taulukossa 2. Öljynkulutustiedot sisältävät Pappilanpellon koulun (RAK8), Kirkonkylän liikuntahallin (RAK3), Vihko-koulukeskuksen (RAK1+RAK2) ja kunnan kiinteistöhuollon varikon (RAK4) aluelämpöverkosta ottaman lämpöenergian sekä aluelämpöverkoston verkostolämpöhäviöt ja lämmöntuotannon tuotantohäviöt öljykattilalaitoksessa, koska öljynkulutus on mitattu öljykattilalaitoksen kuluttamana öljymääränä yksikössä l/a.

Campusalueen öljynkulutustilastot eivät ole yhtä suuret vuosittain vuosina 2018-2021, koska näiden vuosien aikana on Campusalueella sekä purettu vanhoja kiinteistöjä, jotka on irrotettu aluelämpöverkosta, että rakennettu uusia kiinteistöjä, jotka on myöhemmin liitetty aluelämpöverkoston. Vuosien 2018 ja 2019 pienemmät öljynkulutukset selittyvät vuoden 2020 aikana rakennettujen ja aluelämpöverkoston liitettyjen liikuntahallin ja Vihko-koulukeskuksen puuttumisella. Vuonna 2020 ja 2021 kaikki nykyiset kiinteistöt, jotka mainitaan johdannossa, ovat olleet

käytössä ja aluelämpöverkoston kytkettyinä. Noiden kahden vuoden öljynkulutustiedot ovat suurin piirtein yhtä suuret minkä seurauksena kyseisten vuosien kulutus- ja hintakeskiarvoja käytetään energiahankesuunnitelman kustannus- ja takaisinmaksuaikalaskelmissa nykyisen energijärjestelmän osalta. Polttoöljyn keskimääräinen tiheys on Motivan tilastojen mukaan  $1,00 \text{ kg/dm}^3$  ja keskimääräinen lämpöarvo on  $11,35 \text{ MWh/öljy-t}$ . Tiheyden, lämpöarvon ja kulutustietojen perusteella on laskettu öljykattilalaitoksen kuluttaman polttoöljyn keskimääräinen energiasisältö vuosittain yksikössä MWh/a alla olevaan taulukkoon. Polttoöljyn keskimääräinen  $\text{CO}_2$ -päästökerroin on  $77,98 \text{ t}_{\text{CO}_2}/\text{TJ}$ , joka yksikkömuunnosten jälkeen on  $280,73 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}$ .

**Taulukko 2.** Vihdin Kirkonkylän Campusalueen öljykattilalaitoksen öljynkulutustiedot vuosilta 2018-2021.

Vuosi	Öljynkulutus [l/a]	Ostetun öljyn keskihinta [€/l. alv. 0 %]	Ostetun öljyn keskihinta [€/MWh. alv. 0 %]	Öljyn energiasisältö [MWh/a]
2018	96 150	0,66	71,85	1 940
2019	157 620	0,76	88,44	1 576
2020	204 800	0,6	68,07	2 048
2021	199 881	0,74	69,74	1 999
<b>Keskiarvo</b>	<b>202 340</b>	<b>0,67</b>	<b>74,53</b>	<b>1 779</b>

#### 4.4 Campusalueen toteutunut sähköenergiankulutus

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen sähkökäyttökohteiden kuluttama ostosähkö toimitetaan Campusalueen muuntamon kautta, jonka vuosittaiset sähkökulutukset esitetään alla olevassa taulukossa. Muuntamon mittaama sähkökulutus kattaa Campusalueen kaikkien sähkökulutuskohteiden (rakennusten kiinteistösähkön, LVI-sähkön, asukassähkön, muun valaistussähkön ja muiden sähköjärjestelmien sähkökulutukset sekä järjestelmä- ja siirtohäviöt) sähkökulutukset. Samoin kuin Campusalueen öljynkulutuksen osalta vuosilta 2017 – 2019, on sähkökulutuksen osalta havaittavissa samankaltainen kehitys. Tämä selittyy sillä, että vuosien 2017 ja 2019 välillä on Campusalueen vanhoja rakennuksia purettu ja rakennettu uusia, jotka on osaltaan kytketty ja poiskytetty sähköverkosta, mikä näkyy muutoksina muuntamon sähkökulutusmittauksessa. Vuosien 2019 ja 2021 sähkökulutuksien keskiarvo valitaan Campusalueen keskimääräiseksi ostosähkökulutukseksi tässä energiahankesuunnitelman laskelmissa, koska kyseisinä vuosina ovat Campusalueen nykyiset rakennukset olleet jo kytkettyinä alueen sähköverkkoon, mikä näkyy tasaisempuna sähkökulutuksena. Sähköntuotannon keskimääräinen  $\text{CO}_2$ -päästökerroin (Suomessa) on  $89,00 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{MWh}_{\text{sähkö}}$ .

**Taulukko 3.** Vihdin Kirkonkylän Campusalueen ostosähkökulutus.

Vuosi	Ostosähkön kulutus [MWh/a]	Ostosähkön keskihinta [€/MWh. alv. 0 %]
2017	383	ei tietoa
2018	608	ei tietoa
2019	1 312	121,20
2020	1 443	117,00
2021	1 121	109,00
2022	-	107,80
<b>Ostosähkön kulutuksen keskiarvo</b>	<b>1 292</b>	<b>113,75</b>

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen toteutuneet kiinteistökohtaiset sähköenergiankulutukset, jotka on saatu kiinteistökohtaisista sähköenergiamittareista, esitetään alla olevassa taulukossa 4.

Pappilanpellon koulun kiinteistökohtaista sähkönkulutusta ei ollut saatavilla, joten sen sähkönkulutus arvioidaan Campusalueen sähkönkulutuksen ominaisarvosta.

**Taulukko 4.** Vihdin Kirkonkylän Campusalueen ostosähkökulutukset.

Vuosi	Ostosähkön kulutus [MWh/a]
Vihko-koulukeskus (RAK1 ja RAK 2)	357
Kunnan kiinteistöhuollon varikko (RAK 4)	19
Kirkonkylän liikuntahalli (RAK 3)	120
Pappilanpellon koulu (RAK 8)	387
<b>Campusalueen rakennukset yhteensä</b>	<b>884</b>

#### 4.5 Campusalueen toteutunut lämpöenergiankulutus

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen toteutuneet kiinteistökohtaiset lämpöenergiankulutustiedot esitetään alla olevassa taulukossa 5. Rakennuskohtaiset lämpöenergian kulutustiedot on saatu kiinteistökohtaisista energiamittareista. Lämpöenergian kulutustiedot sisältävät kiinteistökohtaiset järjestelmähäviöt, mutta ei maanalaisten aluelämpöjohtojen eikä lämmönjakokeskuksen järjestelmähäviöitä. Jotta nykyisen öljylämmitysjärjestelmän aluelämpölämpöjohtojen ja öljykattilalaitoksen tuotannon järjestelmähäviöt ja häviöitä vastaavat öljynkulutukset otettaisiin huomioon laskennassa, häviöitä vastaavat öljynkulutukset sisällytetään kiinteistöjen lämpöenergian kulutuksiin lämmitetyn nettoalan suhteessa. Aluelämpöverkoston häviöenergia-arvio [MWh/a] on laskettu öljykattilalaitoksen öljynkulutuksen [l/a] ja kiinteistöjen mitattujen lämpöenergiakulutustietojen erotuksena.

**Taulukko 5.** Campusalueen nykyisen energiajärjestelmän toteutuneet lämpöenergiankulutukset.

Rakennus	Lämpöenergiankulutus [MWh/a]
Vihko-koulukeskus (RAK1 ja RAK 2)	827
Kunnan kiinteistöhuollon varikko (RAK 4)	39
Kirkonkylän liikuntahalli (RAK 3)	194
Pappilanpellon koulu (RAK 8)	519
Aluelämpöverkoston häviöenergia-arvio	325
<b>Campusalueen rakennukset yhteensä</b>	<b>1 578</b>
<b>Campusalueen kokonaislämpöenergiankulutus alueöljylämmitysverkoston häviöenergia huomioiden</b>	<b>1 904</b>

#### 4.6 Campusalueen toteutunut kokonaisenergiankulutus

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen toteutuneet kokonaisenergiankulutukset esitetään taulukossa 6. Kulutustiedot perustuvat Campusalueen muuntajan vuotuisiin sähköenergiamittauksiin ja öljykattilalaitoksen vuotuisiin öljynkulutuksiin. Kulutustiedot sisältävät Campusalueen aluelämpöverkoston ja öljykattilalaitoksen sekä sähköverkon järjestelmähäviöt.

**Taulukko 6.** Campusalueen nykyisen energiajärjestelmän toteutuneet kokonaisenergiankulutukset aluelämpöverkoston häviöenergia huomioiden.

Rakennus	Kokonaisostoenergiankulutus [MWh/a]
Vihko-koulukeskus (RAK1 ja RAK 2)	1 209
Kunnan kiinteistöhuollon varikko (RAK 3)	59
Kirkonkylän liikuntahalli (RAK 4)	320
Pappilanpellon koulu (RAK 8)	922
<b>Campusalueen rakennukset yhteensä ilman aluelämpöverkoston lämpöhäviöitä</b>	<b>2 510</b>
<b>Campusalueen alueöljylämmitysverkoston lämpöhäviöenergia</b>	<b>278</b>
<b>Campusalueen kokonaisostoenergia aluelämpöverkoston lämpöhäviöt huomioiden</b>	<b>2 788</b>



## 5 CAMPUSALUEEN VAIHTOEHTOISET ENERGIAJÄRJESTELMÄT

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen nykyiselle aluelämpöverkostolle ja öljykattilalaitokselle etsitään korvaavaa energiajärjestelmää, jonka toteutuskelpoisuutta, kannattavuutta ja alustavaa mitoitusta tarkastellaan tässä raportissa.

### 5.1 Pois suljetut järjestelmävaihtoehdot

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen energiahankesuunnitelmasta on yhteisellä päätöksellä tilaajan kanssa suljettu pois kaukolämpöjärjestelmä, koska Kirkonkylällä ei ole kaukolämmöntuotantoa eikä kaukolämpöverkkoa, johon rakennukset voisi kytkeä. Pois suljetut vaihtoehdot ovat myös järvivedestä ja jätevedestä lämpöenergiaa tuottava lämpöpumppujärjestelmät. Lisäksi tarkastelusta on suljettu pois öljylämmitysjärjestelmä ja biopolttoöljylämmitysjärjestelmä.

Suora sähkölämmitys ei ole suositeltava lämmitysjärjestelmä sen hintariskin ja sähkökattiloiden edellyttämän suuren sähkötehon ja sitä myötä tulevan sähköliittymän muutostarpeiden kustannusten myötä, mutta otetaan vertailun mukaan kuitenkin tarkasteluihin.

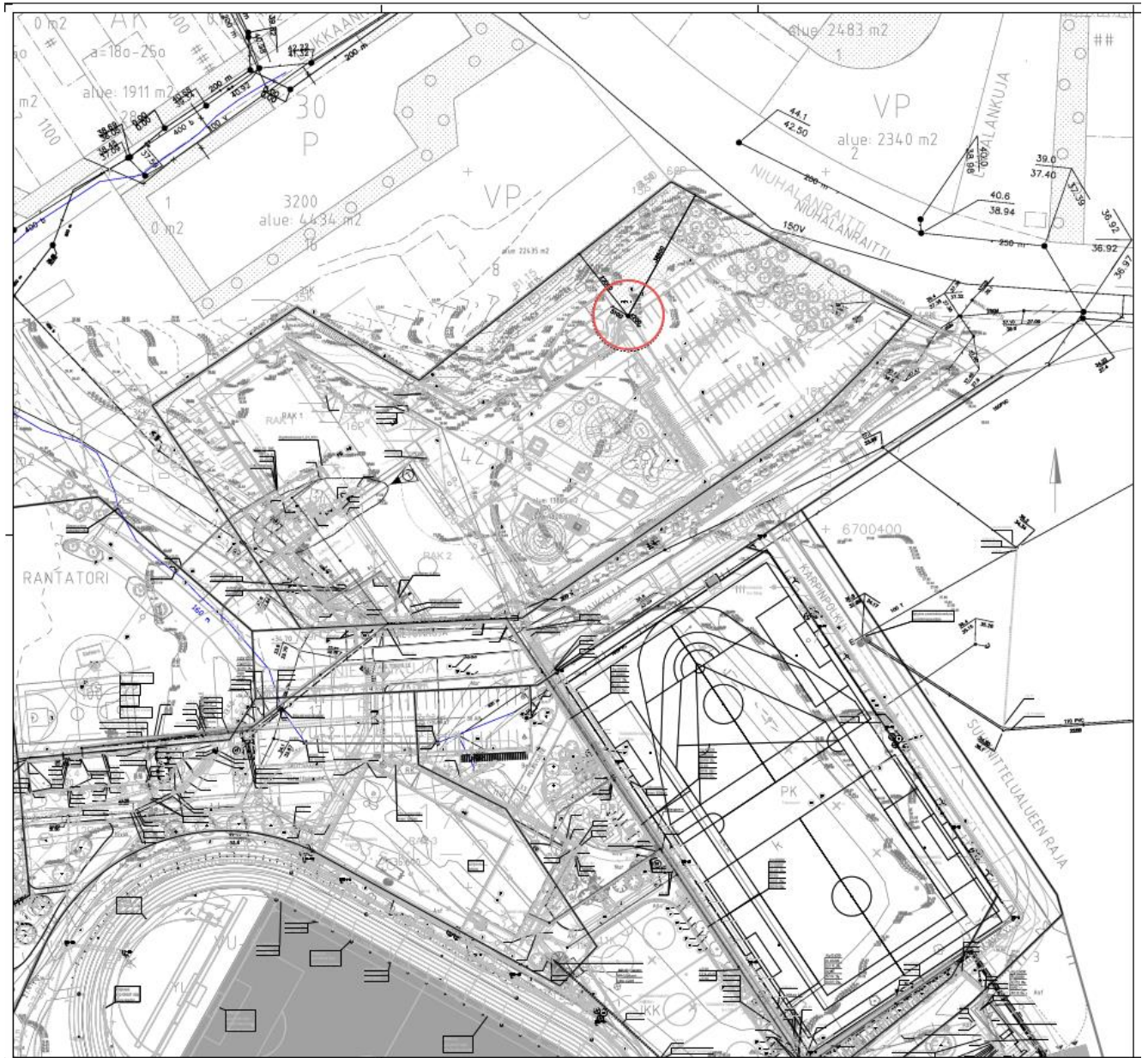
### 5.2 Maalämpöjärjestelmä

#### 5.2.1 Campusalueen TRT-mittausten ja EED-simuloinnin tulokset

Alueen maa- ja kallioperän ominaisuuksien ja ominaislämpökapasiteettien sekä lämmönluovutus-tehojen selvittämiseksi campusalueella suoritettiin kesän ja syksyn 2022 aikana TRT-mittaukset ja EED-simuloinnit. Osapuolten, ja porauksen ja mittauksen suorittavan tahon, kesken päädyttiin asettamaan alueella kaksi TRT-kaivoa, yksi kuhunkin maalämpökenttäalueelle. TRT-kaivoista ensimmäinen sijoitettiin Vihko-koulukeskuksen viereisen parkkipaikan viereiselle viheralueelle ja toinen sijoitettiin Pappilanpellon koulun viereisen hiekkakentän viereen metsänlaitaan, koska tällöin ne sijaitsivat kaavailuilla maalämpökenttäalueilla ja lisäksi valitut sijoituspaikat soveltuivat TRT-poraukseen. Seuraavissa kuvissa kahden TRT-kaivojen sijainnit campusalueella on merkitty ympyräkatkoviivalla. TRT-kaivojen soveltuvaksi poraussyvyudeksi sovittiin osapuolien sekä porauksen ja mittauksen suorittavan tahon kanssa 400 m.

#### 5.2.2 Maalämpöjärjestelmän tyyppi ja maalämpökaivokentät

Campusalueen kiinteistöjen sijainnista, maanalaisesta tekniikasta (vesi- ja viemärijohdot sekä sähköjohdot) ja maalämpökaivoille soveltuvien maalämpökenttien sijoittelusta ja toteuttamisesta johtuen, päädyttiin keskitetyn järjestelmän sijasta hajautettuun maalämpöjärjestelmään. Johtopäätös syntyi sillä perusteella, koska Campusalueen kohdekäynnillä varmistuttiin siitä, että ei ollut mahdollista varata pinta-alaltaan riittävän suurta ja yhtä yhtenäistä aluetta maalämpökaivoille campusalueelta, koska siihen soveltuvaa riittävän suurta yhtenäistä sijoitusaluetta ei ollut. Sen sijaan päätettiin jakaa maalämpökenttäalueet kahdeksi erilliseksi kentäksi, ja eriyttää uusi maalämpöverkosto kahdeksi erilliseksi verkostoksi rakennusten kesken rakennusten nykyisiä lämmönjakohuoneita laitteiston sijoittamisessa hyödyntäen. Lisäksi nykyiset aluelämpöputket eivät todennäköisesti teknisen kuntonsa eikä kokonsa puolesta soveltuisi maalämpöjärjestelmän käyttöön.



Kuva 7. TRT-kaivon 1 sijainti Vihdin Campusalueella.



**Kuva 8.** TRT-kaivon 2 sijainti Vihdin Campusalueella.

### 5.2.3 Maalämpöjärjestelmän laitevalinnat

Maalämpöjärjestelmän vertailuun maalämpöpumpuksi valitaan alustavasti Oilon RE-420 -teollisuusluokan lämpöpumppumalli, koska se on teholtaan riittävän suuri per laiteyksikkö ja on lisäksi kompaktin kokoinen mitoiltaan muihin vaihtoehtoihin verrattuna, mikä vähentää tilantarvetta lämmönjakohuoneissa. Lämpöpumppuyksikköön voidaan tarvittaessa yhdistää 3 lämmitysverkostoa ja 2 jäähdytysverkostoa, mutta tarkempi laitevalinta ja suunnittelu tarkentuu toteutussuunnittelussa. Lämpöpumppujen lisäksi lämmönjakohuoneisiin sijoitetaan lämmitys- ja käyttövesiverkostoille kullekin lämminvesivaraaja ja paisuntasäiliöt. Lisäksi sijoitetaan sähkökattilat lisälämmönlähteeksi huipputehon aikaiselle kulutukselle sekä pumppuryhmät ja maaviileäpiirin laitteisto sijoitetaan osaksi maalämpöjärjestelmää. Kalustohalliin kaavaillaan erillistä ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä sähkökattilalla varustettuna.

#### 5.2.4 Maalämpöjärjestelmän alustava mitoitus

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen vaihtoehtoisen maalämpöjärjestelmän alustava mitoitus sisältää maalämpökaivokenttien alustavat sijoitukset Campusalueella, maalämpöjärjestelmän maanalaisten lämpöjohtojen alustavat johtoreititykset ja johtokoot Campusalueella, kohdekiinteistöjen lämmönjako-huoneissa maalämpöjärjestelmän laitteiston edellyttämät tilatarpeet sekä järjestelmän alustavat kytkentäkaaviot ja laiteluettelot. Nämä edellä mainitut esitetään raportin liitteinä.

Alustava tarkastelu maalämpöpumppujen lämmitysenergian ja -tehonpeitosta esitetään alla taulukossa. Tarkastelu on tehty kohteen tehontarpeiden ja arvioitujen lämmitysenergiankulutuksien pohjalta *Lämpöpumppujen energialaskentaoppaan (RakMk, 2012)* ja *Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta (RakMk, 2018)* mukaisesti. Suhteellinen lämpöenergia ilmaisee maalämpöpumppujen (myöhemmin ml-pumppu) vuotuisen lämmitysenergianpeiton osuuden vuotuisesta lämmitysenergiantarpeesta

**Taulukko 7.** Alustava tehon- ja energianpeitto.

Suure	Vihko-koulukeskus	Liikuntahalli ja Pappilanpellon koulu
ML-pumppujen lukumäärä	3	3
ML-pumpun lämmitysteho	420	420
ML-pumppujen yhteislämmitysteho [kW]	1 260	840
Tilanlämmitysteho [kW]	1 218	891
LKV-lämmitysteho [kW]	562	985
Kokonaislämmitystehontarve [kW]	1 780	1 876
Jäähdytysteho [kW]	0	0
Suhteellinen lämmitysteho	1,0	0,67
Lämmitysenergioiden suhde	3,8	4
ML-pumpun suhteellinen lämpöenergia kolmella ml-pumpulla	0,99	1,00
ML-pumpun suhteellinen lämpöenergia kahdella ml-pumpulla	0,93	0,97
Arvioitu vuotuinen lisälämmitysenergia (MWh/a, sähkökattilat)	58	22

Vihko-koulukeskukseen suositeltaisiin alustavasti kahdesta kolmeen maalämpöpumppua ja Liikuntahalliin ja Pappilanpellon kouluun alustavasti kahdesta kolmeen maalämpöpumppua oheislaitteineen, jos maaperästä hyödynnettävän lämpöenergian määrä riittäisi kattamaan energiatarpeen. Alustava lisälämmitysenergianmäärä (sähkökattiloilla tuotettava lämmitysenergia) olisi Vihko-koulukeskuksen osalta noin 7 % ja Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin osalta noin 3 % vuotuisesta lämmitysenergiantarpeesta. Maalämpöpumppujen lukumäärä tarkentuisi järjestelmän lopullisessa suunnittelu- ja mitoitusvaiheessa. Vihdin Kirkonkylän Campusalueen maalämpöjärjestelmän alustava kokonaislämpöteho mitoitusulkolämpötilan lämmitystehontarpeessa on arviolta 3 200 kW, mutta lopullinen sähkötehtäjäntarve todennäköisesti tarkentuu lopullisten laitevalintojen jälkeen.

#### 5.2.5 Maalämpöjärjestelmien alustavat sijoitukset kiinteistöissä

Kalustohallissa ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä sähkökattiloineen ja oheislaitteistoineen sijoitettaisiin nykyiseen tekniseen tilaan, missä sijaitsee kaukolämpölaitteisto. Vihko-koulukeskuksen osalta maalämpöjärjestelmä sijoitettaisiin uuden koulun IV-konehuoneeseen. Järjestelmä sisältäisi maalämpöpumput, varaajat, paisuntasäiliöt ja pumppuryhmät.

Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpöjärjestelmä sijoitettaisiin ensisijaisesti Liikuntahallin lähistölle padelkenttien viereen tulevan uuden huoltorakennuksen tekniseen tilaan, koska sekä Liikuntahallin teknisessä tilassa, että Pappilanpellon koulun lämmönjakohuoneessa ei olisi riittävästi tilaa rakennusten yhteiselle maalämpöjärjestelmän laitteistolle. Toinen mahdollinen olisi sijoituspaikka Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpöjärjestelmälle olisi Pappilanpellon koulun viereisellä nurmikentällä nykyisen öljylämpölaitoksen paikalla.

Liikuntahallin ja Pappilanpellon koulun välille alustavasti tarvittaisiin maanalaiset putkivedot maalämpöjärjestelmän ensiöpuolen lämmönsiirtimistä huoltorakennuksesta rakennusten teknisissä tiloissa sijaitseville toisiopuolen lämmönsiirtimille. Tällaisella ratkaisulla minimoitaisiin maanalaisten lämpöjohtojen lukumäärä, koska tässä tapauksessa tarvittaisiin alustavasti yksi meno-paluulämpöputki (sisältäen lämmityksen meno- ja paluujohdot sekä lämpimän käyttöveden meno- ja paluujohdot) kumpaankin rakennukseen uuden huoltorakennuksen teknisestä tilasta.

Lämpökonttiratkaisu Liikuntahallin ja Pappilanpellon koulun oli yksi vaihtoehto näiden kiinteistöjen maalämpöjärjestelmän laitteistojen sijoittamiselle. Lämpökonttiratkaisua tarkemmin selvitettyä ja sitä verratessa uuteen rakennettavaan huoltorakennukseen, todennäköisesti huoltorakennuksen teknisen tilan laajentaminen olisi soveltuvampi ratkaisu kuin lämpökonttiratkaisu. Tämä siitä syystä, että todennäköisesti lämpökontin investointikustannusarvio olisi vähintään 50 000 €, minkä lisäksi tulisi todennäköisesti lisäkustannuksia mm. hulevesijärjestelmistä ja muista lämpökontin todennäköisesti edellyttämistä rakenteista ja järjestelmistä. Lisäksi lämpökontti olisi tällä näkymin tilapäinen ratkaisu ennen uuden huoltorakennuksen rakentamista, jolloin tilapäinen lämpökontti ja sen laitteet ja varusteet sekä maanalaiset lämpöjohdot pitäisi vähintään siirtää.

Tämän seurauksena taloudellisesti kannattavampi ratkaisu sekä myös ympäristövaikutusten ja kiertotalouden kannalta suositeltavampi ratkaisu olisi laajentaa tulevan uuden huoltorakennuksen teknistä tilaa niin, että sinne mahtuisi Liikuntahallin ja Pappilanpellon koulun maalämpöjärjestelmän laitteistot (80-90 m<sup>2</sup>). Lisäksi hyödynnettävä pinta-ala Liikuntahallin ja Pappilanpellon koulun välissä on rajallinen. Toinen mahdollisuus olisi sijoittaa huoltorakennus Pappilanpellon koulun viereen nykyisen öljylämpölaitoksen paikalle.

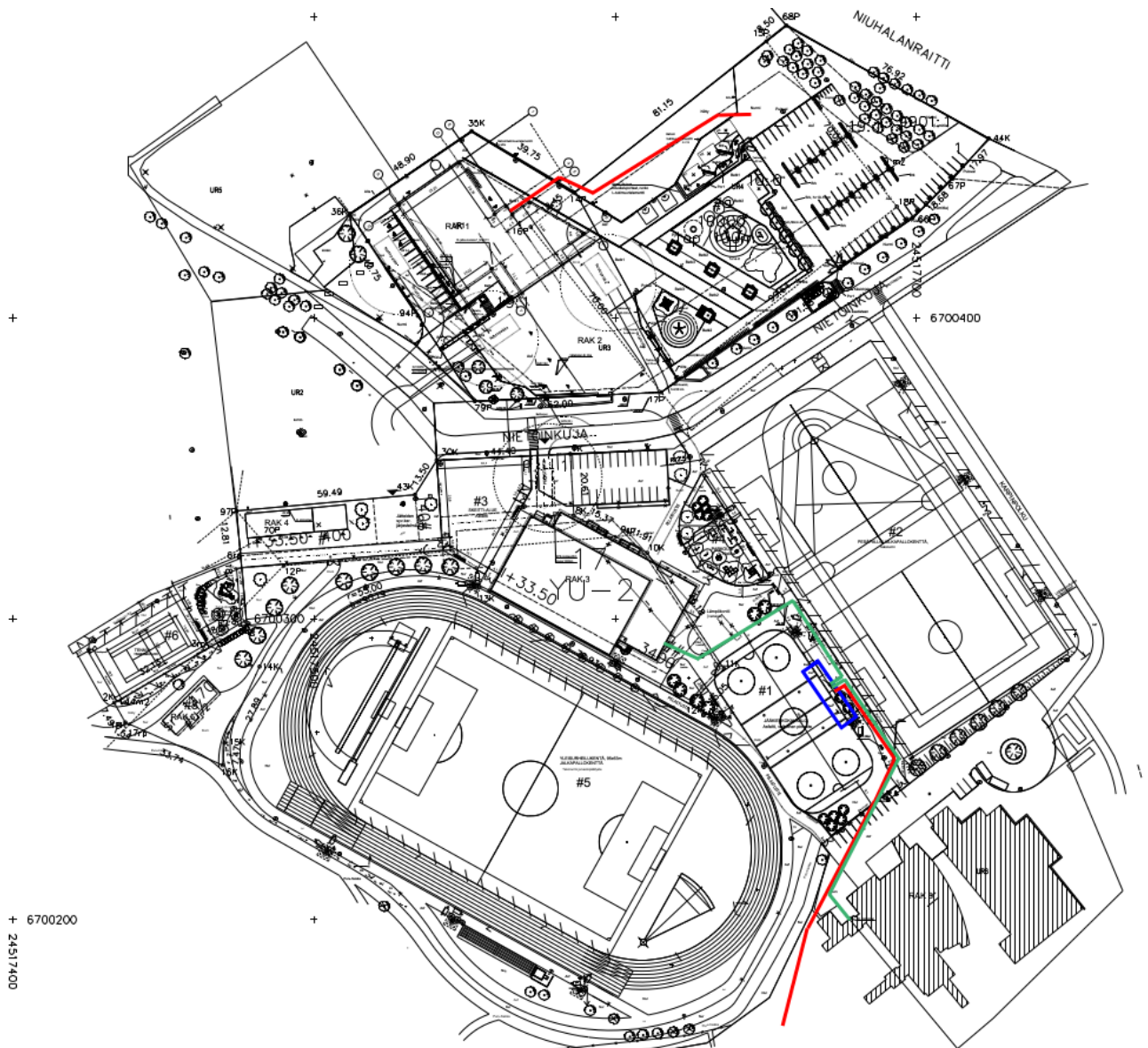
#### *5.2.6 Maalämpökaivojen lukumäärä ja maalämpökaivokentät*

Vihdin Kirkonkylän Campusalueelle Pappilanpellon koulun (RAK 8) ja Liikuntahallin (RAK 3) maalämpökentälle tarvittavien maalämpökaivojen alustava lukumäärä olisi yhteensä 25 maalämpökaivoa. Maalämpökaivojen sijoittaminen olisi ensisijaisesti hiekkakentälle ja viereiselle metsäalueelle. Näiden rakennusten energiankulutuksen osalta maalämpökenttäalueen kaivot riittäisivät kattamaan rakennusten vuotuisen lämmitysenergiankulutuksen ilman, että maalämpökaivoalueelta saatava lämpöenergia haittaavasti pienentyisi 25 vuoden ajanjaksolla. Maalämpökaivojen alustavasti tarvittava keskisyvyys olisi noin 350 m.

Maalämpökenttäalueelta on teknisesti toteutettavissa maalämpökaivojen yhdistäminen kokoojakaivoihin ja vaakaputkivetojen myötä nykyisen aluelämpöverkoston putkireittiä mukaillen uuden huoltorakennuksen tekniseen tilaan nykyistä maanlaista tekniikka väistellen, mutta lenkin tekeminen todennäköisesti lisäisi kustannuksia ja kasvattaisi painehäviöitä putkissa ja sitä myötä tarvittavien kompressorien

ja kiertopumppujen nostokorkeutta. Toisaalta järjestelmän optimoimisella voitaisiin minimoida painehäviöiden kasvu. Lenkin arvioitu pituus olisi noin 140 metriä. Maalämpöpiirin putkivirtaama olisi arviolta 9,2 l/s maalämpökentältä. Uuden huoltorakennuksen teknisestä tilasta tehtäisiin meno-paluuputket Liikuntahallin ja Pappilanpellon koulun nykyisiin lämmönjakohuoneisiin toisiopiirin lämmönsiirtimiin ja muut maalämpöjärjestelmän laitteet sijoitettaisiin uuden huoltorakennuksen tekniseen tilaan. Maalämpöjärjestelmän arvioitu tilantarve olisi noin 80-90 m<sup>2</sup>.

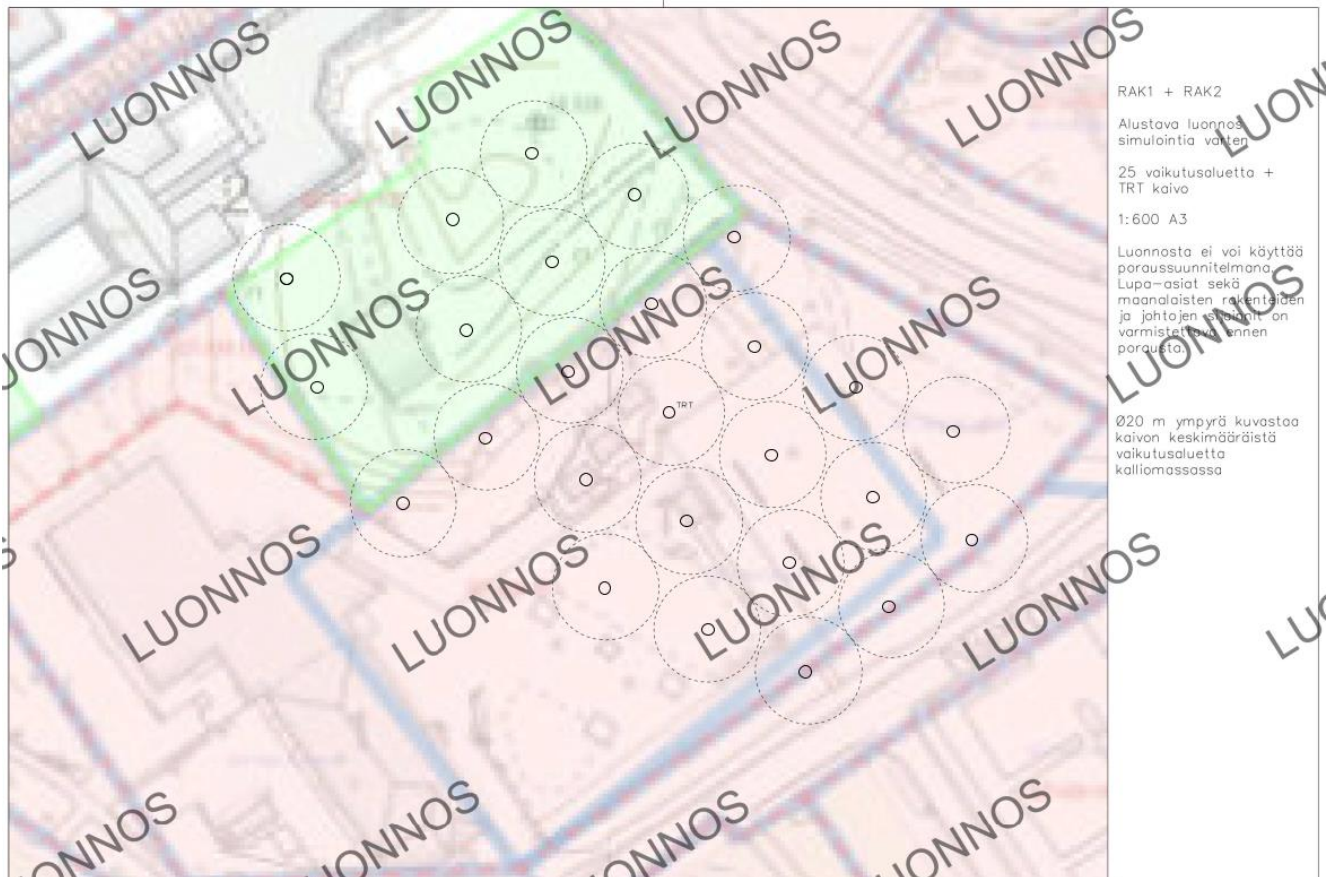
Vihko-koulukeskuksen (RAK1+RAK2) maalämpökenttä sijoittuisi parkkipaikan viereiselle nurmikko- ja metsäalueelle. Maalämpökaivojen tarvittava lukumäärä olisi alustavasti 24 kappaletta.



**Kuva 9.** Alustavat maalämpöjohtoreititykset.

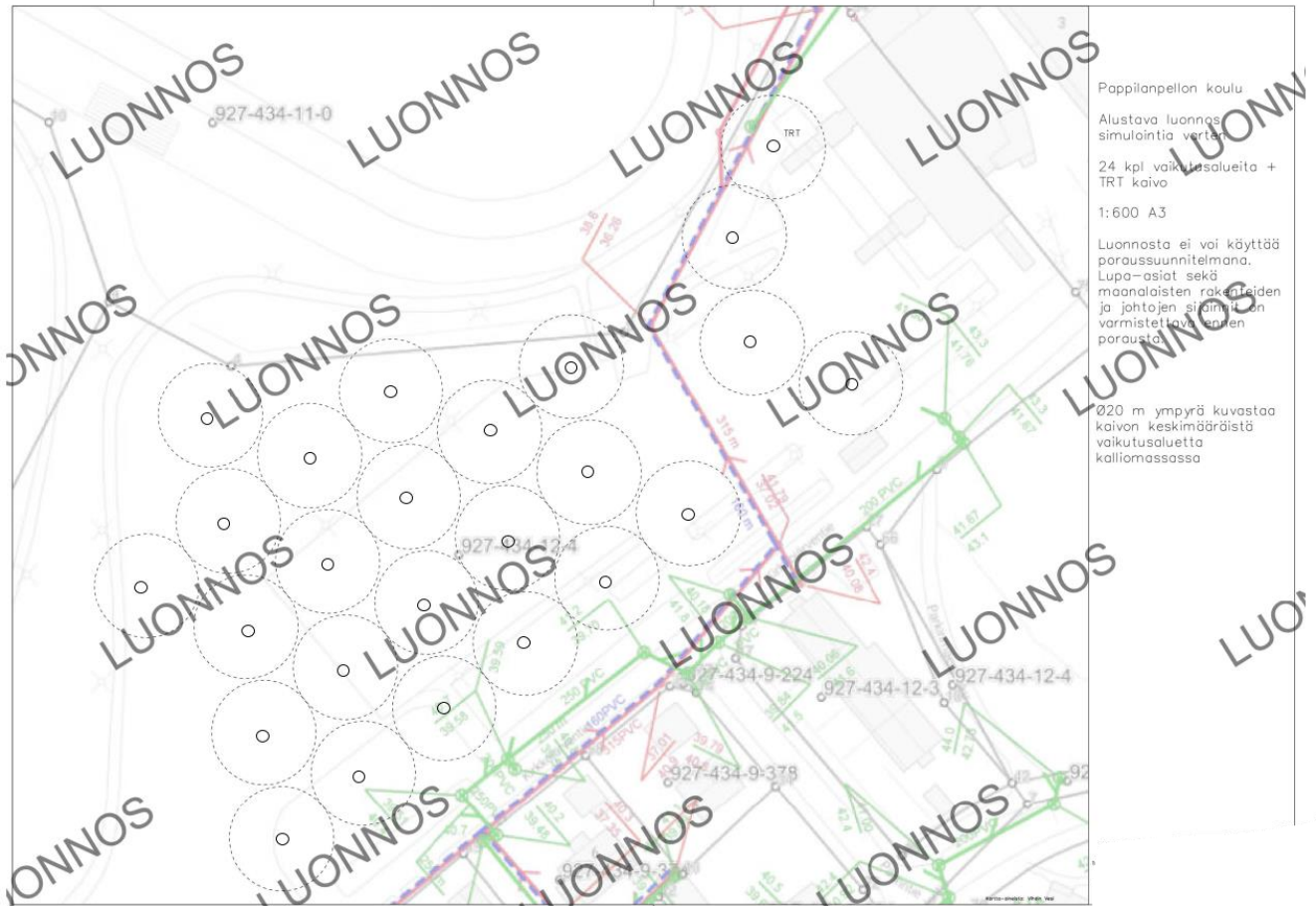
Yllä olevassa kuvassa esitetään alustava putkireitityskuva, jossa punaisella on merkitty maalämpöpiirin meno- ja paluujohdot sekä vihreällä on merkitty kiinteistökohtaiset lämmityksen meno- ja paluujohdot. Reitti mukailee Campusalueen nykyisen aluelämmityspotkien reittiä. Jääkiekkokenttä ei tämän hetken

tiedon valossa tulisi asemakuvassa merkittyyn paikkaan. Sinisellä suorakulmiolla on merkitty uusi huoltorakennus, jonka teknisen tilan tilavaraus olisi alustavasti 80-90 m<sup>2</sup>. Alustava putkikoko maalämpöpiirin meno- ja paluuputkille olisi 160 mm. Kiinteistökohtaisille lämpöputkille alustavasti esimerkiksi Uponor Quattro 2x40/40+40/200, jonka ulkohalkaisija olisi 200 mm. Lämpöputkien arvioitu alustava metrimäärä olisi noin 500 m. Pituusmitrit tarkentuisivat toteutussuunnitteluvaiheessa. Alla alustava luonnos Pappilampellon koulun ja Liikuntahallin maalämpökentän kuvasta. Luonnoksessa maalämpökaivon vaikutus- aluetta kuvaa ympyräkatkoviiva ja maalämpökaivon porauskohtaa kuvaavat pienet mustat ympyrät vaikutusalueiden keskellä.



Kuva 10. Pappilampellon koulun ja Liikuntahallin maalämpökentän alustava luonnos.

Vihko-koulukeskuksen maalämpöjärjestelmän osalta tarvittava maalämpökaivomäärä olisi alustavasti 25 kaivoa, jotka mahtuisivat suunnittelulle maalämpökenttäalueelle parkkipaikan ja metsäalueen läheisyyteen.



**Kuva 11.** Vihko-koulukeskuksen maalämpökentän alustava luonnos. Piirrä kaivojen keskipisteet kuvaamaan itse porauspaikkaa.



### 5.3 Suora sähkölämmitysjärjestelmä

Sähkölämmitysjärjestelmässä Campusalueelle toteutettaisiin sähkökattilalaitos, josta aluelämpöputkien välityksellä lämmitysenergia jaettaisiin rakennuksille. Mahdollisuuksien mukaan (aluelämpöverkoston kunto ja mitoituksellinen riittävyys) hyödynnettäisiin nykyistä aluelämpöverkostoa.

Sähkölämmitysjärjestelmän energiankulutusarvion pohjana käytetään Campusalueen olemassa olevien rakennusten arvioituja energiankulutuksia.

Sähkökattilalaitoksen alustava sijoitustila olisi nykyisen lämpölaitoksen tilalle. Käytettävissä oleva pinta-ala Campusalueella olisi arviolta 1 600 m<sup>2</sup> (40 x 40 m). Sähkökattilalaitokseen sijoittuisivat sähkökattilat, lämmönjakohuone laitteineen ja varavoimageneraattori.

#### 5.3.1 Mitoitustekniset asiat

Sähkökattilalaitos mitoitettaisiin vastaamaan Campusalueen kokonaislämmitystehontarvetta. Sähkökattiloiden lämmitysteho olisi yhteensä noin 4 MW. Huoltovarmuuden kannalta kattilahuoneessa olisi useampi erillinen sähkökattila. Campusalueella ei olisi muuta lämmöntuotantoa tässä vaihtoehdossa sähkökattilalaitoksen lisäksi.

Alla olevassa taulukossa on sähkökattilalaitoksen alustava mitoitus. Oletuksena on se, että sähkökattiloilla tuotettaisiin tarvittava lämmitysteho- ja energia siten, että erillistä lisä- ja varalämmityksen tuotantotapaa ei tarvittaisi.

**Taulukko 8.** Sähkökattilalaitoksen mitoitus

VAIHTOEHTO	HAKEKATTILA
Sähkölämmitysjärjestelmä	3 x 1 350 kW

Ulkoisen sähkökatkon varalta sähkökattilalaitoksen yhteyteen sijoitettaisiin lämmitysjärjestelmä laitteisiin sähköä tuottava polttoainekäyttöinen generaattori. Generaattorin pinta-ala-arvio on noin 15 m<sup>2</sup>. Sähkökattilalaitokselle varattaisiin varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka olisi 2 250 kW.

### 5.4 Hakelämmitysjärjestelmä

Hakelämmitysjärjestelmävaihtoehdossa Campusalueelle toteutettaisiin hakekattilalaitos, josta aluelämpöputkien välityksellä lämmitysenergia jaettaisiin rakennuksille. Mahdollisuuksien mukaan (aluelämpöverkoston kunto ja mitoituksellinen riittävyys) hyödynnettäisiin nykyistä aluelämpöverkostoa.

Hakelämmitysjärjestelmän energiankulutusarvion pohjana käytetään Campusalueen olemassa olevien rakennusten arvioituja energiankulutuksia.

Hakekattilalaitoksen alustava sijoitustila olisi nykyisen lämpölaitoksen tilalle. Käytettävissä oleva pinta-ala Campusalueella olisi arviolta 1 600 m<sup>2</sup> (40 x 40 m). Hakekattilalaitokseen sijoittuisivat hakekattilat, integroitu hakevarasto, lämmönjakohuone laitteineen ja varavoimageneraattori.

Hakekattilalaitos olisi varustettava savukaasujen puhdistuslaitteistolla. Hiilidioksidin talteenottojärjestelmä on optiona mukana tarkasteluissa.

#### 5.4.1 Mitoitustekniset asiat

Hakekattilalaitos mitoitettaisiin vastaamaan Campusalueen kokonaislämmitystehontarvetta, koska varalämmitysjärjestelmä olisi käytössä vain vika- ja häiriötilanteiden aikana. Hakekattilalaitoksen lämmitysteho olisi noin 4 MW. Huoltovarmuuden kannalta kattilahuoneessa olisi kaksi erillistä hakekattilaa omilla hakkeensyöttölinjastoilta hakevarastosta sekä varalämmitysjärjestelmä. Hakevaraston tilavuus vastaisi muutaman päivän hakkeenkulutusta. Campusalueella ei olisi muuta lämmöntuotantoa tässä vaihtoehdossa hakekattilalaitoksen lisäksi.

Hakekattilan ajettavuus osatehoilla on huono, joten osatehoilla tarvittaisiin varalämmöntuotantomuoto. Tämä olisi esimerkiksi sähkökattila.

Alla olevassa taulukossa on hakelämmitysjärjestelmän alustava mitoitus. Oletuksena on se, että hakekattilalla tuotettaisiin tarvittava lämmitysteho- ja energia siten, että erillistä lisä- ja varalämmityksen tuotantotapaa ei tarvittaisi.

**Taulukko 9.** Hakekattilalaitoksen mitoitus

VAIHTOEHTO	HAKEKATTILA
Hakelämmitysjärjestelmä	2 x 2 000 kW

Ulkoisen sähkökatkon varalta hakekattilalaitoksen yhteyteen sijoitettaisiin lämmitysjärjestelmä laitteisiin sähköä tuottava polttoainekäyttöinen generaattori. Generaattoritalan pinta-ala-arvio on noin 15 m<sup>2</sup>. Hakekattilalaitokselle varattaisiin varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka olisi 140 kW.

#### 5.4.2 Hakekattilalaitoksen tyyppi ja sijoitus

Hakekattilalaitos mitoitettaisiin täystehomitoitukselle. Hakekattilalaitoksessa olisi hakevarasto ja kattilahuone sekä lämmönjakuhuone lämmitysteknisine laitteineen. Hakekattilalaitos olisi muodoltaan L-kirjaimen mallinen siten, että hakevarasto olisi kääntöpaikan vieressä ja kattilahuone toisessa päädyssä. Hakevarasto on oltava hakeauton hyvin saavutettavissa hakevaraston täyttämistä varten.

Hakekattilalaitoksessa olisi alustavasti kaksi savupiippua, joiden korkeudet olisivat 10 m.

#### 5.4.3 Sähköliittymän muutostarpeet

Hakekattilalaitokselle rakennettaisiin uusi erillinen sähköliittymä. Hakekattilalaitoksen yhteenlaskettu sähkötehoarvio olisi noin 100 kW, jolloin sähköliittymän minimikoko olisi arviolta 3x250 A. Mitoitus tarkentuisi toteutussuunnitteluvaiheessa.

### 5.5 Biokaasulämmitysjärjestelmä

Biokaasulämmitysjärjestelmävaihtoehdossa Campusalueelle toteutettaisiin biokaasulaitos, josta aluelämpöputkien välityksellä lämmitysenergia jaettaisiin rakennuksille. Mahdollisuuksien

mukaan (aluelämpöverkoston kunto ja mitoituksellinen riittävyys) hyödynnettäisiin nykyistä aluelämpöverkostoa.

Biokaasujärjestelmän energiankulutusarvion pohjana käytetään Campusalueen olemassa olevien rakennusten arvioituja energiankulutuksia.

Biokaasutuotannon osalta Etelä-Suomessa Nummen lähialueella on kolme biokaasun tuotantolaitosta, jotka sijaitsevat Riihimäellä, Vantaalla ja Lohjalla. Biokaasukuljetukset tapahtuisivat säiliöautoin.

### 5.5.1 Mitoitustekniset asiat

Biokaasulaitos mitoitettaisiin vastaamaan Campusalueen kokonaislämmitystehontarvetta, koska varalämmitysjärjestelmä olisi käytössä vain vika- ja häiriötilanteiden aikana. Biokaasulaitoksen lämmitysteho olisi noin 4 MW. Biokaasulämmitysvaihtoehdossa biokaasukattilat toimisivat sekä pää-, lisä- ja varalämmitysmuotona. Biokaasukattiloita olisi kaksi kappaletta huoltovarmuuden ja huoltotoimenpiteiden varalta. Erillistä lisä- ja varalämmityksen tuotantotapaa ei tarvittaisi.

Biokaasulaitokselle varattaisiin varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka olisi 140 kW. Generaattoritilan pinta-ala-arvio on noin 15 m<sup>2</sup>.

**Taulukko 10.** Biokaasulaitoksen mitoitus.

VAIHTOEHTO	BIOKAASUKATTILA
Biokaasulämmitysjärjestelmä	2 x 2 000 kW

### 5.5.2 Laitoksen tyyppi ja sijoitus

Biokaasulaitos alustava sijoituspaikka olisi nykyisen öljylämpölaitoksen paikalle ja yhdistettäisiin aluelämpöverkoston. Käytettävissä oleva pinta-ala olisi arviolta 1 600 m<sup>2</sup> (40 x 40 m). Biokaasulaitoksen alustava pinta-ala olisi noin 130 m<sup>2</sup>.

### 5.5.3 Sähköliittymän muutostarpeet

Biokaasulaitokselle rakennettaisiin uusi erillinen sähköliittymä. Biokaasulaitoksen yhteenlaskettu sähkötehoarvio olisi noin 100 kW, jolloin sähköliittymän minimikoko olisi arviolta 3x250 A. Mitoitus tarkentuisi toteutussuunnitteluvaiheessa.

## 5.6 Geoterminen lämmitysjärjestelmä

Geotermisessä lämmitysjärjestelmävaihtoehdossa Campusalueelle toteutettaisiin geotermisen lämmön tuotantolaitos, josta aluelämpöputkia pitkin lämmitysenergia jaettaisiin rakennuksille. Mahdollisuuksien mukaan (aluelämpöverkoston kunto ja mitoituksellinen riittävyys) hyödynnettäisiin nykyistä aluelämpöverkostoa. Järjestelmän tarvitsema lisälämmitysenergia tuotettaisiin sähkökattiloilla. Erillisselvitys on raportin mukana toimitettavassa aineistossa.

Geoterminen lämpölaitos sijoitettaisiin nykyisen lämpölaitoksen läheisyyteen ja geotermiset lämpökaivot sijoitettaisiin alustavasti Campusalueen keskelle Liikuntahallin läheisyyteen. Lämpökai-vojen sijoittelussa on huomioitava se, että kaivojen päälle ei tulevaisuudessa tulisi rakenteita tai rakennuksia, jotta kaivot olisivat helposti huollettavissa.

Geotermiselle lämpölaitokselle varattaisiin varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka olisi 2 200 kW.

#### 5.6.1 Sähköliittymän muutostarpeet

Geotermiselle lämpölaitokselle rakennettaisiin uusi erillinen sähköliittymä. Arvioitu yhteenlaskettu sähkötehoarvio olisi noin 2 300 kW, jolloin sähköliittymän minimikoko olisi arviolta 4x250 A. Mitoitus tarkentuisi toteutussuunnitteluvaiheessa.

### 5.7 Hybridijärjestelmissä huomioitavat asiat

Yleisellä tasolla ilma-vesilämpöpumpun ja lämpöakun sisältävistä hybridijärjestelmistä voidaan todeta, että suurin hyöty ostolämmitysenergian pienentämisestä ilma-vesilämpöpumpulla saadaan silloin, kun IVLP:n mitoitus on noin 60-70 % kokonaislämmitystehosta, mutta kustannukset ovat tällöin suuremmat kuin pienemmällä mitoituksilla. IVLP-järjestelmän vaikutus ostoenergian kulutukseen alkaa, kun IVLP-mitoitusteho on 16-35 % kokonaislämmitystehosta.

Huomioitavaa on kuitenkin se, että ilma-vesilämpöpumpujärjestelmät eivät tuota kylmillä talvi-keleillä lämpöenergiaa yhtä hyvin, kuin lämpimämmillä keleillä, joten lämmitysjärjestelmän muiden lämmöntuotantotapojen pitäisi kuitenkin kattaa kokonaislämmitystehontarve. 16 % mitoitus tarkoittaisi noin 600 kW tehoa.

Toinen huomioitava asia hybridijärjestelmissä on se, että lisäämällä lämpöakkuja ja IVLP lämmitysjärjestelmään, tarvittava huipputehontarve pienenee, koska lämpöakkuista saadaan niihin varastoitunutta lämpöenergiaa myös huipputehon aikana käyttöön, jolloin tarvittava muilla lämmöntuotantotavoilla tuotettavan huipputehon määrä pienenee. Kolmas asia on se, että yleisellä tasolla tarkastellen lämpöakun vesitilavuuden kasvattaminen teoriassa pienentää sekä ostolämmitysenergian määrää sekä huipputehontarvetta. On tärkeää huomioida kuitenkin se, että näiden kolmen mainittujen asioiden yhteisvaikutusten arvioiminen tarkemmin lämmitysjärjestelmän mitoitus-keen edellyttäisi monitavoiteoptimointia.

Hybridijärjestelmien simuloinneissa on oletuksina se, että ilma-vesilämpöpumpun alustava teho on 600 kW ja lämpöakun vesitilavuus on 20 m<sup>3</sup>. Hybridijärjestelmän muut lämmöntuotantomuodot mitoitetaan alustavasti siten, että ne kattavat yhdessä IVLP:n kanssa kokonaislämmitystehontarpeen. Yhdessä tämä antaa suuntaa antavan arvion hybridijärjestelmien energiankulutuksista, mutta tarkempi arvioiminen edellyttäisi monitavoiteoptimointia ja lisäselvitystä hybridijärjestelmän lämmöntuotantolaitteiston ja lämpöakkujen mitoitus-teen keskinäisistä suhteista.

### 5.8 Hake + biokaasu + IVLP -järjestelmä ja lauhdelämmön hyödyntäminen

Hake- ja biokaasulämmitysjärjestelmän hybridivaihtoehdossa lämmitysenergian päälämmitysjärjestelmänä toimisi hakekattila ja lisä- ja varalämmitysjärjestelmänä biokaasukattila. Mahdollisuuk-sien mukaan hyödynnettäisiin kalustohallissa IVLP-järjestelmää lämmitysenergian tuotannossa.

Jääkiekkokaukalon jäähdytyskoneen lauhdelämpöä hyödynnettäisiin mahdollisuuksien mukaan. Järjestelmässä olisi mukana myös lämpöakut, jotka ovat käytännössä suurikokoisia vesivaraajia, joihin voidaan varastoida lämpöenergiaa.

Mahdollisuuksien mukaan (aluelämpöverkoston kunto ja mitoituksellinen riittävyys) hyödynnettäisiin nykyistä aluelämpöverkostoa.

Hake + biokaasu -hybridijärjestelmän energiankulutusarvion pohjana käytetään Campusalueen olemassa olevien rakennusten yhdistettyä IDA ICE-mallia. Lisäksi arvioidaan Kirkkoniemen koulun energiankulutukset rakennustyyppin ja käyttötarkoitukseluokan vakioituneen käytön pohjalta osana kokonaisuutta.

Laitoksen alustava sijoitustila olisi nykyisen lämpölaitoksen tilalle. Käytettävissä oleva pinta-ala olisi arviolta 1 600 m<sup>2</sup> (40 x 40 m). Lämpölaitoksen alustava pinta-ala olisi noin 400 m<sup>2</sup>.

### 5.8.1 Mitoitustekniset asiat

Hakekattilalaitos mitoitettaisiin 60 % osuudelle ja biokaasu 40 % osuudelle kokonaislämmitystehontarpeesta. Biokaasukattilan mitoitusteho olisi alustavasti 2 400 kW ja sähkökattilan mitoitusteho 1 600 kW, jolloin hakekattiloilla tuotettaisiin 60 % lämmitystehontarpeesta ja sähkökattiloilla 40 % lämmitystehontarpeesta mitoitussuhteessa (-26 C). IVLP:n mitoitusteho olisi alustavasti 600 kW ja lisäksi hyödynnettäisiin lämpöakkuja. Lisäksi hyödynnettäisiin mahdollisuuksien mukaan jääkiekkokaukalon jäähdytyskoneen lauhdelämpöä.

Hake + biokaasu + IVLP -lämpölaitos sijoitettaisiin nykyisen öljylaitoksen paikalle. Jääkiekkokaukalon jäähdytyskone ja tarvittavat LTO-laitteet sijoitettaisiin kentän viereen. IVLP-järjestelmän alustava mitoitusteho olisi 100 kW.

**Taulukko 11.** Hake + biokaasu + IVLP -järjestelmän alustava mitoitusteho.

VAIHTOEHTO	HAKEKATTILA	BIOKAASUKATTILA	IVLP-JÄRJESTELMÄ
Hake + biokaasu + IVLP-järjestelmä	2 x 1 200 kW	1 600 kW	600 kW

Hake + biokaasu + IVLP -lämmitysjärjestelmän lämpölaitokselle varattaisiin varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka olisi noin 140 kW.

Hake + biokaasu + IVLP-järjestelmän lämpölaitokselle olisi tarpeellista rakentaa uusi sähköliittymä. Mitoitus tarkentuisi toteutussuunnitteluvaiheessa.

## 5.9 Hake + sähkökattila + IVLP -järjestelmä ja lauhdelämmön hyödyntäminen

Hake- ja sähkökattilalämmitysjärjestelmän hybridivaihtoehdossa lämmitysenergian pääjärjestelmänä toimisi hakekattila ja lisä- ja varalämmitysjärjestelmänä sähkökattila. Lisäksi hyödynnettäisiin mahdollisuuksien mukaan jääkiekkokaukalon jäähdytyskoneen lauhdelämpöä. Järjestelmässä olisi mukana myös lämpöakut, jotka ovat käytännössä suurikokoisia vesivaraajia, joihin voidaan varastoida lämpöenergiaa.

Mahdollisuuksien mukaan (aluelämpöverkoston kunto ja mitoituksellinen riittävyys) hyödynnettäisiin nykyistä aluelämpöverkostoa.

Laitoksen alustava sijoitustila olisi nykyisen lämpölaitoksen tilalle. Käytettävissä oleva pinta-ala olisi arviolta 1 600 m<sup>2</sup> (40 x 40 m). Lämpölaitoksen alustava pinta-ala olisi noin 400 m<sup>2</sup>.

#### 5.9.1 Mitoitustekniset asiat

Hakekattilalaitos mitoitettaisiin osateholle ja sähkökattila lisä- ja varalämmöntuotantoa varten. Hakekattilan mitoitus teho olisi alustavasti 2 400 kW ja sähkökattilan mitoitus teho 1 600 kW, jolloin hakekattiloilla tuotettaisiin 60 % lämmitystehontarpeesta ja sähkökattiloilla 40 % lämmitystehontarpeesta mitoitusulkolämpötilassa (-26 C). IVLP:n mitoitus olisi alustavasti 600 kW ja lisäksi hyödynnettäisiin lämpöakkuja. Lisäksi hyödynnettäisiin mahdollisuuksien mukaan jääkiekkokaukalon jäädytyskoneen lauhdelämpöä.

Jääkiekkokaukalon jäädytyskone ja tarvittavat LTO-laitteet sijoitettaisiin uuteen teknisen tilan rakennukseen kentän viereen.

Hake + sähkökattila + IVLP -lämmitysjärjestelmän lämpölaitokselle varattaisiin varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka olisi noin 1 600 kW.

**Taulukko 12.** Hake + sähkökattila + IVLP -järjestelmän alustava mitoitus.

VAIHTOEHTO	HAKEKATTILA	SÄHKÖKATTILA	IVLP-JÄRJESTELMÄ
Hake + sähkökattila + IVLP-järjestelmä	2 x 1 200 kW	1 600 kW	600 kW

Hake + sähkökattila + IVLP-järjestelmän lämpölaitokselle olisi tarpeellista rakentaa uusi sähköliittymä. Mitoitus tarkentuisi toteutussuunnitteluvaiheessa.

#### 5.10 Biokaasu + sähkökattila + IVLP-järjestelmä ja lauhdelämmön hyödyntäminen

Biokaasu- ja sähkökattilalämmitysjärjestelmän hybridivaihtoehdossa lämmitysenergian pääjärjestelmänä toimisi biokaasukattila ja lisä- ja varalämmitysjärjestelmänä sähkökattila. Lisäksi hyödynnettäisiin mahdollisuuksien mukaan jääkiekkokaukalon jäädytyskoneen lauhdelämpöä ja IVLP. Järjestelmässä olisi mukana myös lämpöakut, jotka ovat käytännössä suurikokoisia vesivaraajia, joihin voidaan varastoida lämpöenergiaa.

Mahdollisuuksien mukaan (aluelämpöverkoston kunto ja mitoituksellinen riittävyys) hyödynnettäisiin nykyistä aluelämpöverkostoa.

Laitoksen alustava sijoitustila olisi nykyisen lämpölaitoksen tilalle. Käytettävissä oleva pinta-ala olisi arviolta 1 600 m<sup>2</sup> (40 x 40 m). Lämpölaitoksen alustava pinta-ala olisi noin 400 m<sup>2</sup>.

#### 5.10.1 Mitoitustekniset asiat

Biokaasulaitos mitoitettaisiin pohja- ja keskikuormaa varten ja sähkökattila huippukuormaa varten.

Biokaasukattilan mitoitusteho olisi alustavasti 2400 kW ja sähkökattilan mitoitusteho 1600 kW, jolloin hakekattiloilla tuotettaisiin 60 % lämmitystehontarpeesta ja sähkökattiloilla 40 % lämmitystehontarpeesta mitoitussulkolämpötilassa (-26 C). IVLP:n mitoitus olisi alustavasti 600 kW ja lisäksi hyödynnettäisiin lämpöakkuja. Lisäksi hyödynnettäisiin mahdollisuuksien mukaan jääkiekkokaukalon jäädytyskoneen lauhdelämpöä.

Jääkiekkokaukalon jäädytyskone ja tarvittavat LTO-laitteet sijoitettaisiin kentän viereen.

Hake + sähkökattila + IVLP -lämmitysjärjestelmän lämpölaitokselle varattaisiin varavoimakone ulkoisia sähkökatkoja varten. Varavoimakoneen alustava kokoluokka olisi noin 1 600 kW.

**Taulukko 13.** Biokaasu + sähkökattila + IVLP -järjestelmän alustava mitoitus.

VAIHTOEHTO	BIOKAASU	SÄHKÖKATTILA	IVLP-JÄRJESTELMÄ
Biokaasu + sähkökattila + IVLP-järjestelmä	2 x 1 200 kW	1 600 kW	600 kW

Biokaasu + sähkökattila + IVLP-järjestelmän lämpölaitokselle olisi tarpeellista rakentaa uusi sähköliittymä. Mitoitus tarkentuisi toteutus suunnitteluvaiheessa.

## 5.11 Yhteenveto järjestelmälaitteiden tehoista

Campusalueen järjestelmävaihtoehtojen lämmityslaitteiston tehontarve esitetään kootusti alla olevassa taulukossa. Alustavissa mitoituksissa on otettu huomioon se, että ensisijainen lämmöntuotantomuoto kattaisi 60 % lämmitystehontarpeesta ja toissijainen lämmöntuotantomuoto kattaisi 40 % lämmitystehontarpeesta. Lisäksi toissijainen lämmöntuotantomuoto toimisi myös varalämmöntuotantomuotona, jos ensisijaisen lämmöntuotantomuotoon tulisi vika- tai häiriötilanne. Ensisijaisessa lämmöntuotantomuodossa on tuplakattilat, jotta vika- ja häiriötilanteiden vaikutus minimoitaisiin. Vika- ja häiriötilanteessa ensisijaisen lämmöntuotantomuodon toinen kattila ja toissijaisen lämmöntuotantomuodon kattila yhdessä kattaisivat Campusalueen rakennusten kokonaislämmitystehon mitoitussulkolämpötilassa.

Järjestelmävaihtoehtojen laitteiden lyhenteet ovat:

SK	= sähkökattila
MLP	= maalämpöpumppu
HK	= hakekattila
ÖK	= öljykattila
BK	= biokaasukattila
Geo LP	= geoterminen lämpöpumppu
IVLP	= ilma-vesilämpöpumppu

**Taulukko 14.** Campusalueen järjestelmävaihtoehtojen lämmöntuotantolaitteistojen alustavat mitoitusarviot.

Mitoitustehot:							
Järjestelmävaihtoehto	SK	MLP	HK	ÖK	BK	Geo LP	IVLP
Nykyinen järjestelmä	0	0	0	1x 4000	0	0	0
Suora sähkölämmitys	1x4000	0	0	0	0	0	0
Maalämpöjärjestelmä	1x4000	2 100	0	0	0	0	0
Hakelämmitysjärjestelmä	0	0	2x2000	0	0	0	0
Biokaasulämmitysjärjestelmä	0	0	0	0	2x2000	0	0
Geoterminen lämmitysjärjestelmä	0	0	0	0	0	4000	0
Hake + Biokaasu + IVLP -järjestelmä	0	0	2x1200	0	1x1600	0	600
Hake + Sähkökattila + IVLP -järjestelmä	1x1600	0	2x1200	0	0	0	600
Biokaasu + Sähkökattila + IVLP -järjestelmä	1x1600	0	0	0	2x1200	0	600

## 5.12 Lämpölaitosvaihtoehtojen sähkönverkon muutostarvearviot

Lämmitysjärjestelmän lämpölaitosvaihtoehtojen edellyttämät sähkötehot ja muutostarpeet käsitellään tässä kappaleessa. Pohjana on taulukon 8 arvot ja näitä laitteistojen edellyttämät sähkötehotarpeet alla olevassa taulukossa. Järjestelmävaihtoehtojen lämpölaitokselle olisi tämän hetken arvion mukaan tarpeellista rakennuttaa oma sähköliittymä omalla muuntajalla. Kustannusarvion muuntajan ja sähköliittymän rakennuttamiselle sekä sähköliittymän muutoksille on noin 200 000 €. Mitoitus tarkentuisi toteutussuunnitteluvaiheessa.

**Taulukko 15.** Sähkötehoarvio

Sähkötehotarvearvio per järjestelmä	
Järjestelmävaihtoehto	Sähkötehoarvio [kW]
Nykyinen järjestelmä	Nykyinen
Suora sähkölämmitys	2 250
Maalämpöjärjestelmä	2 100
Hakelämmitysjärjestelmä	102
Biokaasulämmitysjärjestelmä	102
Geoterminen lämmitysjärjestelmä	1000 A
Hake + Biokaasu + IVLP -järjestelmä	102
Hake + Sähkökattila + IVLP -järjestelmä	1 600
Biokaasu + Sähkökattila + IVLP -järjestelmä	1 600

## 5.13 Hiilidioksidin talteenottomahdollisuus lämpölaitoksessa

Yleisellä tasolla Suomessa on hiilidioksidin talteenottomahdollisuus polttoon perustuvista laitoksista, mutta tällä hetkellä vastaavat hankkeet ovat enimmäkseen pilottiasteella teollisuudessa, eikä tällä hetkellä ole kuluttajille suunnattuja ratkaisuja markkinoilla. Todennäköisesti tulevaisuudessa markkinoille tulee kuluttajille suunnattujen hiilidioksidin talteenottolaitteistojen saataville.



#### 5.14 Jääkiekkokaukalon lauhdelämmön määrän ja hyödyntämisen arvioiminen

Campusalueen ulkotekojään jäähdytyskoneen lauhdelämmön talteenoton hyödynnettävä energiamäärää arvioitaessa hyödynnetään vastaavien ulkotekojääkohteiden arvioita.

Jäähdytyskoneen oletusarvona on ammoniakikylmäkoneisto ruuvikompressorilla. Tekojään jäähdytysliuoksen menolämpötilaoletus on -12 C ja paluulämpötilaoletus on -9 C. Kylmäkompressorin höyrystyslämpötilaoletus on -15 C ja lauhtumislämpötilaoletus on +23 C. Keskimäärin ulkotekojään ammoniakikoneiston kokonaisenergiankulutus on noin 0,3-0,45 kWh/m<sup>2</sup>,vuosi silloin, kun ulkolämpötila on välillä 0 - +5 C. Jäävuorokausia on keskimäärin 120 kappaletta vuodessa.

Ulkotekojään jäähdytystehontarpeen minimi on noin 0 W/m<sup>2</sup> silloin, kun ulkolämpötila on -2 C ja jäähdytystehontarpeen maksimi on noin 290 W/m<sup>2</sup> silloin, kun ulkolämpötila on +5 C.

Jos ulkotekojään pinta-ala on 1 620 m<sup>2</sup>, on ammoniakikylmäkoneiston sähkönkulutusarvio 62 MWh/a, kokonaisenergiankulutusarvio 77 MWh/a ja ammoniakikylmäkoneiston tuottama lauhdelämpöenergia-arvio 274 MWh/a. Syntyvä lauhdeveden lämpötila on +20 C, mikä pitää lämpöpumpulla nostaa lämmitysverkoston menoveden lämpötilaan. Esitetyt arviot alla ovat karkeita suuntaa antavia arvioita.

**Taulukko 16.** Ulkotekojään jäähdytyskoneen lauhdelämmön arvioitu hyödynnettävä määrä.

Lauhdelämpöpumpun teho [kW]	Lauhdelämpöarvio hyödyksi [MWh/a]	Lauhdelämpöpumpun energiankulutusarvio [MWh/a]
100	30	10
200	59	20
300	87	29
400	111	38

Huomioitavaa on se, että jäähdytystehontarve ja -energiankulutus sekä syntyvän lauhdelämpöenergian määrä ovat hyvin riippuvaisia vallitsevista sääolosuhteista ja niihin liittyvistä ennustamattomista epävarmuuksista. Epävarmuustekijä on +- 25 % annetuista arvioista.

#### 5.15 Savukaasun puhdistuslaitteiston mahdollisuus ja optiohinta asennettuna lämpölaitokseen

Alle 1 MW lämpölaitoksille savukaasujen puhdistukseen soveltuisi sykloni. Yli 1 MW lämpölaitoksille suositeltava ratkaisu olisi sähkösuodatin (myöhemmin ESP). Sähkösuodattimen kustannusarvio on noin 120 000 – 150 000 € sähkösuodatinta kohti yhtä 2 MW kattilaa kohden. Sähkösuodattimen tilantarve olisi arviolta 18 m<sup>2</sup> ja korkeus 5 m.

Syklonin erotuskyky perustuu syklonin sisällä savukaasun pyörremäiseen virtaukseen ja keskipakoisvoiman erottelukykyyyn. Pienet hiukkaset eivät erotu sykloneissa. Sähkösuodattimen erotuskyky perustuu savukaasujen varautuneita hiukkasia puoleensa vetäviin sähkökenttiin. Sähkösuodattimessa erotuskyky pienillekin hiukkasille on hyvä. Yleisellä tasolla sähkösuodattimella on syklonia parempi hiukkaspäästöjen erottelukyky. Syklonin erottelukyky on noin 70 % luokkaa ja sähkösuodattimella erottelukyky on noin 99 % luokkaa.

Sähkösuodattimesta kerätty hiukkasmateriaali ja tuhka kerääntyy konttimaiseen kokoomasäiliöön, joka voidaan sellaisenaan nostaa kuorma-auton kyytiin ja viedä jälkikäsittelyyn.

Savukaasun puhdistuslaitteiston suunnittelu ja kustannukset tarkennetaan toteutussuunnittelu-  
vaiheessa.

Sähkösuodatin olisi suositeltavampi ratkaisu paremman suodatuskykynsä vuoksi erityisesti kou-  
lualueella.

#### 5.16 Biokaasun varastoinnissa huomioitavat asiat

Tukesin mukaan biokaasu rinnastetaan maakaasuun suojaetäisyyksien ja säiliöiden sijoittamisen  
suhteen. Kaasusäiliön sijoittamisessa on otettava huomioon palo- ja räjähdysvaaraa aiheuttavat  
kohteet, paineellisia laitteistoja sisältävät laitokset, sähkölinjat ja muut vastaava ulkopuolinen toi-  
minta.

Maanpäällisiin kaasusäiliöihin liittyvät suojaetäisyydet ovat alla olevassa taulukossa (Valtioneu-  
voston asetus nestekaasulaitosten turvallisuusvaatimuksista).

Vähimmäisetäisyydet eri kohteisiin ovat seuraavat:

Nestekaasun määrä	Enintään 5 tonnia	Yli 5 tonnia, mutta alle 50 tonnia
Kohde		
toisen raja, yleinen liikenneväylä, nestekaasuvaraston toimintaan kuulumattomat rakennukset	5 metriä	10 metriä
kiinteistön ulkopuolisista asuinrakennuksista rivitalot ja omakotitalot, liikenteen solmukohtat	15 metriä	35 metriä
kiinteistön ulkopuoliset koulut, hotellit, kerrostalot, suurmyymälät ja muut suuren väkijoukon kokoontumiseen tarkoitetut rakennukset sekä hotellien majoitustilat	50 metriä	100 metriä

**Kuva 12. Maanpäällisen kaasusäiliön minimisuojaetäisyydet**

Maanlaisten kaasusäiliöiden suojaetäisyydet ovat alla olevassa taulukossa (Valtioneuvoston asetus nestekaasulaitosten turvallisuusvaatimuksista).

Nestekaasun määrä	Yli 5 tonnia, mutta alle 50 tonnia	Vähintään 50 tonnia, mutta alle 200 tonnia
Kohde		
toisen raja, yleinen liikenneväylä, nestekaasuvaraston toimintaan kuulumattomat rakennukset	5 metriä	10 metriä
kiinteistön ulkopuolisista asuinrakennuksista rivitalot ja omakotitalo, liikenteen solmukohdat	15 metriä	30 metriä
kiinteistön ulkopuoliset koulut, hotellit, kerrostalot, suurmyymälät ja muut suuren väkijoukon kokoontumiseen tarkoitetut rakennukset sekä hotellien majoitustilat	30 metriä	50 metriä

**Kuva 13. Maanalaisen kaasusäiliön minimisuojaetäisyydet.**

Suojaetäisyydet ja Campusalueen rakennukset ja käytävissä olevat alueet huomioiden kaasusäiliö ei todennäköisesti mahtuisi lämpölaitoksen viereen nurmialueelle vaan suositeltavampi olisi sijoittaa kaasusäiliö Pappilanpellon koulun viereiselle hiekkakentälle joko maanpäällisenä tai maanalaisena kaasusäiliönä.

Hankesuunnitelma ei sisällä kaasusäiliön tarkempaa suunnittelua eikä putkireititysten suunnittelua, vaan vain arvion käytävissä olevasta alueesta suojaetäisyyksien puitteissa.

Biokaasun alustava kulutus olisi 500-600 MWh/a (83 000 – 100 000 kg/a) hybridijärjestelmissä vuodessa. Kahden viikon kulutus olisi noin 2 500 kg, joten alle viiden tonnin biokaasusäiliö todennäköisesti riittäisi, jos oletuksena on, että biokaasusäiliön täyttöväli olisi maksimissaan kaksi viikkoa. Viiden tonnin säiliö riittäisi todennäköisesti kattamaan muutaman viikon biokaasukulutuksen hybridijärjestelmissä.

Ratkaisu syntyy toteutussuunnittelun perusteella ja siinä tehtävien lisätarkasteluiden pohjalta. Ei käsitellä sen syvällisemmin tässä vaiheessa.

## **6 VIHDIN CAMPUSALUEEN KIINTEISTÖJEN ENERGIASIMULOINNIT**

### **6.1 Energiatarkastelut pääjärjestelmille**

Campusalueen rakennusten lämmitysenergiankulutuksen selvittämiseksi hyödynnetään dynaamista simulointityökalua, joissa huomioidaan lämmöntuotantojärjestelmien muutosten vaikutukset lämmöntuotannon ja -jakelun vuosihyötysuhteissa. Dynaamista simulointityökalua hyödynnetään pääjärjestelmien osalta rakennuskohtaisissa malleissa. Geotermisen lämmitysjärjestelmän osalta ei hyödynnetä dynaamista simulointityökalua, koska käytettävissä on riittävästi lähtötietoja järjestelmän energiaperitosta ja hyötysuhteista erilliselvityksen myötä.

### **6.2 Energiatarkastelut hybridijärjestelmille**

Hybridijärjestelmien osalta hyödynnetään dynaamista simulointityökalua Campusaluekohtaisesti, koska hybridijärjestelmissä on useampi lämmöntuotantotapa eri mitoitustehoilla, jolloin dynaamista simulointityökalua tarvitaan, koska lämmitys- ja jäähdytystehontarpeet sekä lämmitys- ja jäähdytysenergiavirrat rakennusten kesken hybridijärjestelmässä ovat sääriippuvaisia ja siten sen laskeminen edellyttää dynaamista simulointityökalua. Lisäksi

### **6.3 Energiasimulointien lähtötiedot ja käytettävä säädata**

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen kiinteistöjen energiankulutusarvot hybridijärjestelmissä simuloidaan dynaamisella EQUA IDA Indoor Climate and Energy 4.8 -laskentaohjelmistolla. Campusalueen kiinteistöistä luodaan rakennuskohtaiset IDA ICE-simulointimallit, jotka sisältävät itsessään kaikki tarpeelliset lähtötiedot simulointia varten. Simuloinnin lähtötietoina käytetään kohdekiinteistöjen suunnittelutietoja ja -dokumentteja (Sokoprossa olevat suunnitteludokumentit, loppupiirustukset ja mitoitusdokumentit sekä rakenteiden U-arvot, ilmanvuotoluvut jne.), kohteiden IFC-malleja, kiinteistöjen tilojen, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden valmistuksen lämmitys- ja jäähdytystehontarpeita sekä kiinteistöjen nykyisen sisäilmastosuunnittelun mukaisia taloteknisiä mitoitusarvoja ja valaistusjärjestelmien sähkötehtäviä. Energiasimulointien ilmasto- ja säädatana käytetään E-lukulaskennassakin käytettävää määräystenmukaista Ilmatieteenlaitoksen säävyöhyke I:n säädataa eli Helsinki TRY2012 -testivuoden säädataa, joka kuvaa säävyöhykkeen I (Ympäristöministeriön asetus 1010/2017, liite 1) keskimääräistä säätä vuoden aikana tunnin aika-askeleella. Säävyöhyke I sisältää Uudenmaan, Varsinais-Suomen ja Satakunnan maakunnat.

### **6.4 Energiasimulointien tulokset**

Dynaamisella EQUA IDA Indoor and Climate 4.8 -laskentaohjelmistolla suoritettujen Campusalueen energiasimulointien tulokset esitetään sekä rakennuskohtaisesti energiankäyttökohteittain että koko campusalueen rakennusten yhteiskulutuksena jaoteltuna kulutetun lämpö- ja sähköenergian suhteen. Maalämpöjärjestelmän simuloitujen energiankulutukset esitetään rakennus- ja campuskohtaisina kulutuksina vuosi- ja kuukausitasolla lämmitysenergian (tilanlämmityksen, lämpimän käyttöveden valmistuksen ja ilmanvaihdon lämmityksen), sähköenergian (kuluttajalaitteet, LVI-sähkö ja valaistus) ja jäähdytyksen energiankulutuksiin jaoteltuina. Campusalueen nykyisen energijärjestelmän ja vaihtoehtoisen maalämpöjärjestelmän vertailun osalta

energiasimulointitulokset esitetään vuosikulutuksina, koska nykyisen energiajärjestelmän lämmön- ja sähkönkulutukset on mitattu vuosikulutuksina. Maalämpöjärjestelmän kuluttama ostoenergian olisi vain ja ainoastaan ostosähköä, joten kokonaisostoenergia on ostosähköä, eikä muuta energiamuotoa.

Nykyisen järjestelmän energiankulutustiedot lämmön ja sähkön osalta on saatu mittausdatasta. Alla vertailu nykyisen järjestelmän ja maalämpöjärjestelmän kokonaisostoenergiankulutuksista. Ostoöljyn sisältämä energiamäärä korvaantuisi maalämpöjärjestelmässä ostosähköllä, mutta maalämpöpumpun öljypoltinta paremmasta vuosihyötysuhteesta ei ostosähkön määrä kasvaisi öljyn energiasisältöä vastaavaa määrää, vaan noin 208 MWh/a.

**Taulukko 17.** Nykyisen energiajärjestelmän energiankulutukset.

Energiankäyttökohde	Nykyinen energiajärjestelmä [MWh/a]
Campusalueen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1 292
Campusalueen lämpöenergiankulutus (ostoöljy)	1 904
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	3 196

Tarkasteltavien hybridijärjestelmien energiankulutusarviot perustuvat simulointeihin. Olettamuksena on se, että rakennusten käyttö ei muutu nykyisestä.

#### 6.4.1 Maalämpöjärjestelmä

Maalämpöjärjestelmän arvioidut energiankulutustiedot TRT-mittausten, EED-simulointien ja simulointien pohjalta arvioituina ovat alla jaoteltuina sähkön ja öljyn kulutuksiin.

**Taulukko 18.** Campusalueen kiinteistöjen simuloitujen kokonaisostoenergiankulutukset (ostosähkö) maalämpöjärjestelmässä.

Rakennuksen nimi	Kokonaisostoenergia [MWh/a]
Kunnan kiinteistöhoiton varikko (RAK 4)	25
Vihko-koulukeskus (RAK1+RAK2)	916
Kirkonkylän liikuntahalli (RAK 3)	210
Pappilanpellon koulu (RAK 8)	349
<b>Campusalueen rakennukset yhteensä</b>	<b>1 500</b>

**Taulukko 19.** Vihdin Kirkonkylän Campusalueen kokonaisostoenergiankulutukset.

Energiankäyttökohde	Maalämpöjärjestelmä [MWh/a]
Campusalueen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1 500
Campusalueen lämpöenergiankulutus (ostoöljy)	0
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	1 500

#### 6.4.2 **Suora sähkölämmitys**

Suoran sähkölämmityksen arvioidut energiankulutustiedot ovat alla jaoteltuina lämmityksen ja muun sähkönkäytön osalta. Kulutusarvioissa on mukana myös aluelämpöverkoston lämpöhäviö-energia-arvio. Sähkökattilan vuosihyötysuhde on 85 %.

**Taulukko 20.** Suoran sähkölämmitysjärjestelmän energiankulutukset.

Energiankäyttökohde	Sähkönkulutus [MWh/a]
Campusalueen lämmityksen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	2 193
Campusalueen muu sähköenergiankulutus (ostosähkö)	884
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	3 077

#### 6.4.3 **Hakelämmitys**

Hakelämmitysjärjestelmän arvioidut energiankulutustiedot ovat alla hakkeen ja sähkön kulutuksiin jaoteltuina. Hakkeen ja sähkön kulutukset sisältävät järjestelmien häviöenergiat, kuten myös lämmönjaon ja -tuotannon häviöenergiat sekä lämmöntuotannon apulaitteiden sähköenergiankulutuksen. Kulutusarvioissa on mukana myös aluelämpöverkoston lämpöhäviöenergia-arvio. Hakekattilan vuosihyötysuhde on noin 82 %.

**Taulukko 21.** Hakelämmitysjärjestelmän energiankulutukset.

Energiankäyttökohde	Energiankulutus [MWh/a]
Campusalueen lämmityksen hakkeenkulutus (hake)	1 962
Campusalueen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1 150
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	3 112

#### 6.4.4 **Biokaasulämmitys**

Biokaasulämmitysjärjestelmän arvioidut energiankulutustiedot ovat alla biokaasun ja sähkön kulutuksiin jaoteltuina. Biokaasun ja sähkön kulutukset sisältävät järjestelmien häviöenergiat, kuten myös lämmönjaon ja -tuotannon häviöenergiat sekä lämmöntuotannon apulaitteiden sähköenergiankulutuksen. Kulutusarvioissa on mukana myös aluelämpöverkoston lämpöhäviöenergia-arvio. Biokaasukattilan vuosihyötysuhde on 1,01 %.

**Taulukko 22.** Biokaasulämmitysjärjestelmän energiankulutukset.

Energiankäyttökohde	Energiankulutus [MWh/a]
Campusalueen lämmityksen biokaasunkulutus (biokaasu)	1 885
Campusalueen sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1 152
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	3 037

#### 6.4.5 Geoterminen järjestelmä

Geoterminen järjestelmän arvioidut energiankulutustiedot ovat alla sähkönkulutukseen jaoteltuna. Geoterminen lämmitysjärjestelmän arvioitu energianpeitto nykyisissä verkostolämpötiloissa on järjestelmän valmistajan arvion mukaan noin 84 %. Matalalämpötilaverkostossa geoterminen lämmitysjärjestelmän energianpeitto on todennäköisesti suurempi ja lämpöpumppujen vuosihyötysuhde (SCOP-luku) on suurempi kuin korkealämpötilaverkostossa.

Geoterminen lämmitysjärjestelmän lisä- ja varalämmitysmuotona on laitokseen kuuluva sähkökat-tila.

**Taulukko 23.** Geoterminen lämmitysjärjestelmän energiankulutukset.

Energiankäyttökohde	Energiankulutus [MWh/a]
Campusalueen lämmityksen sähkönkulutus (ostosähkö)	831
Geoterminen lämpölaitoksen sähkönkulutus (ostosähkö)	57
Campusalueen muu sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1 150
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	2 038

#### 6.4.6 Hakekattila + Biokaasukattila + IVLP -järjestelmä + jäähdytyskoneen lauhdelämpö

Energiankulutusarviot perustuvat kohteen IDA ICE -simulointeihin, joissa on huomioitu hakkeen, biokaasun ja IVLP-järjestelmien arvioidut osatehot Campusalueen rakennusten kokonaislämmitys-tehontarpeeseen nähden. Hakejärjestelmälle (päälämmitysjärjestelmä) on arvioitu 60 % lämmitys-tehonpeitto ja biokaasujärjestelmälle (lisäjärjestelmä) 40 % lämmitystehonpeitto mitoitusulko-lämpötilassa (-26 °C) Campusalueen rakennusten kokonaislämmitystehontarpeesta. Mahdollisuuksien mukaan hyödynnetään IVLP-järjestelmää ja jääkiekkokaukalon jäähdytyskoneen lauhdelämpöä lämmöntuotannossa.

Hakekattila + Biokaasukattila + IVLP -järjestelmän arvioidut energiankulutustiedot ovat alla hak-keen, biokaasun ja sähkön energiankulutuksiin jaoteltuina. IVLP:n ostoenergiankulutus lukeutuu lämmityksen ostosähkönkulutukseen.

**Taulukko 24.** Hake + biokaasu + IVLP -järjestelmän energiankulutus.

Energiankäyttökohde	Sähkönkulutus [MWh/a]
Campusalueen lämmitysenergiankulutus (hake)	639
Campusalueen lämmitysenergiankulutus (biokaasu)	494
Campusalueen lämmitysenergiankulutus (ostosähkö)	507
Campusalueen kokonaislämmitysenergiankulutus	1 640
Campusalueen muu sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1 150
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	2 810

#### 6.4.7 **Hakekattila + sähkökattila + IVLP -järjestelmä + jäähdytyskoneen lauhdelämpö**

Hake+sähkökattila+IVLP -järjestelmän arvioidut energiankulutustiedot ovat alla hakkeen ja sähkön kulutuksiin jaoteltuina.

Energiankulutusarviot perustuvat kohteen simulointeihin, joissa on huomioitu hakkeen, biokaasu ja IVLP-järjestelmien arvioidut osatehot Campusalueen kokonaislämmitystehontarpeeseen nähden. Hakejärjestelmälle (päälämmitysjärjestelmä) on arvioitu 60 % lämmitystehonpeitto ja sähkökattilalle (lisäjärjestelmä) 40 % lämmitystehonpeitto mitoitussulkolämpötilassa (-26 °C) Campusalueen rakennusten kokonaislämmitystehontarpeesta.

**Taulukko 25.** Hake + sähkö + IVLP -järjestelmän energiankulutus.

Energiankäyttökohde	Sähkönkulutus [MWh/a]
Campusalueen lämmitysenergiankulutus (hake)	701
Campusalueen lämmitysenergiankulutus (ostosähkö)	847
Campusalueen kokonaislämmitysenergiankulutus	1 550
Campusalueen muu sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1 150
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	2 718

#### 6.4.8 **Biokaasukattila + sähkökattila + IVLP -järjestelmä + jäähdytyskoneen lauhdelämpö**

Biokaasu+sähkökattila +IVLP -järjestelmän arvioidut energiankulutustiedot ovat alla biokaasun ja sähkön kulutuksiin jaoteltuina.

Energiankulutusarviot perustuvat kohteen simulointeihin, joissa on huomioitu hakkeen, biokaasu ja IVLP-järjestelmien arvioidut osatehot Campusalueen kokonaislämmitystehontarpeeseen nähden. Biokaasujärjestelmälle (päälämmitysjärjestelmä) on arvioitu 60 % lämmitystehonpeitto ja sähkökattilalle (lisäjärjestelmä) 40 % lämmitystehonpeitto mitoitussulkolämpötilassa (-26 °C) Campusalueen rakennusten kokonaislämmitystehontarpeesta.

**Taulukko 26.** Biokaasu + sähkö + IVLP -järjestelmän energiankulutus.

Energiankäyttökohde	Sähkönkulutus [MWh/a]
Campusalueen lämmitysenergiankulutus (biokaasu)	605
Campusalueen lämmitysenergiankulutus (ostosähkö)	1 035
Campusalueen kokonaislämmitysenergiankulutus	1 640
Campusalueen muu sähköenergiankulutus (ostosähkö)	1 150
Campusalueen kokonaisenergiankulutus	2 810



## 7 ENERGIAJÄRJESTELMIEN KUSTANNUSRAKENTEET JA -LASKELMAT

Tässä kappaleessa käsitellään vaihtoehtoisten energiajärjestelmien kustannusrakenteet. Kustannukset jaotellaan investointikustannuksiin ja järjestelmien vuotuisiin menoihin ja tuloihin. Investointikustannukset jaotellaan puolestaan laite-, materiaali- ja asennuskustannukset. LVIJAS- ja RAU-suunnittelutyökustannukset kuten ARK- ja RAK- suunnittelutyökustannukset on rajattu pois tarkastelusta, koska niiden määrät riippuvat hyvin paljon toteutussuunnittelun myötä tehtävistä suunnitteluratkaisuista, eikä tässä vaiheessa voida luotettavasti arvioida suunnittelutyökustannusten määriä. Suunnittelutyökustannusten arvioiminen edellyttäisi kustannuslaskentaa ja lisäselvitystä toteutussuunnittelun yhteydessä. Kustannusarviot eivät sisällä Kirkkoniemien koulun mahdollista liittämistä Campusalueen aluelämpöverkostoon, koska Kirkkoniemien koulun liittäminen on käsitelty erillisessä kappaleessa.

Vuotuiset kustannukset jaotellaan puolestaan huolto- ja ylläpitokustannuksiin. Vuotuiset tulot viittaavat maalämpöjärjestelmällä saavutettaviin vuotuisiin rahallisiin säästöarvioon nykyiseen energiajärjestelmään verrattuna.

### 7.1 Nykyisen energiajärjestelmän kustannusrakenne

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen nykyisen energiajärjestelmän kustannusrakenne jaotellaan aiemman kappaleen mukaisesti vuotuisiin käyttö- ja ylläpitokustannuksiin sekä huoltokustannuksiin taulukossa 10.

**Taulukko 27.** Campusalueen nykyisen energiajärjestelmän vuosikustannukset.

Campusalueen huolto- ja ylläpitokustannukset [lämmönjakohuoneet ja öljykattilaitos]	[€/a]
2019	39 800
2020	42 053
2021	58 553
2022	49 542
<b>Vuosikeskiarvo</b>	<b>47 487</b>

Alla taulukossa esitetään nykyisen energiajärjestelmän energiakustannukset, jotka on laskettu öljyn ja sähkön keskihintojen mukaisesti. Öljyn hintana on käytetty 1,20 €/l (huomioiden energiahintojen nousun vaikutus) ja sähkön hinta-arviona 113,75 €/MWh.

**Taulukko 28.** Campusalueen nykyisen energiajärjestelmän energiakustannukset. Nykyisen lämpölaitoksen vuokraa ei ole huomioitu laskennassa.

Rakennus	Energiakustannukset, nykyinen järjestelmä [€/a. alv. 0 %]
Kunnan kiinteistöhoiton varikko (RAK 4)	7 174
Vihko-koulukeskus (RAK1+RAK2)	146 136
Kirkonkylän liikuntahalli (RAK 3)	38 385
Pappilanpellon koulu (RAK 8)	110 146
<b>Campusalueen rakennukset yhteensä</b>	<b>301 841</b>

## 7.2 Kustannus- ja kannattavuuslaskelmissa käytettävät energiahinnat

Kustannusarvioissa huomioidaan järjestelmävaihtoehtojen investointi- ja energiakustannukset sekä huolto- ja ylläpitokustannukset. Investointikustannukset jaetaan laite- ja materiaalikustannuksiin. Kustannusarviot eivät sisällä RAU- ja LVIJAS-suunnittelutyökustannuksia eikä näiden. Kustannus- ja kannattavuuslaskelmissa käytettävät energiahinnat esitetään alla olevassa taulukossa. Hinnat ovat arvolisäverottomia hintoja ja sisältävät energian kuljetuskustannukset arvioituna. Hinnat ovat Suomen keskihintoja, joihin on lisätty arvioidut kuljetuskustannukset.

**Taulukko 29.** Energiamuotojen hinnat.

Energiamuoto	Energiahinta [€/MWh, alv. 0 %]
Hake	40,04
Ostosähkö	56,50
Biokaasu	197,10
Öljy	124,00

## 7.3 Maalämpöjärjestelmän kustannusrakenne

Campusalueen nykyisen energianjärjestelmän (alueöljylämmitys ja ostosähkö) ja uuden energiajärjestelmän (maalämpöjärjestelmä) energiakustannukset esitetään taulukossa 12. Öljyn- ja sähkönkulutuksen kustannukset lukeutuvat osaksi käyttökustannuksia. Hinnat ovat alv. 0 %.

**Taulukko 30.** Campusalueen kiinteistöjen uuden energiajärjestelmän energiakustannukset.

Rakennus	Energiakustannukset, uusi järjestelmä [€/a, alv. 0 %]
Kunnan kiinteistöhoiton varikko (RAK 4)	2 802
Vihko-koulukeskus (RAK1+RAK2)	88 717
Kirkonkylän liikuntahalli (RAK 3)	23 834
Pappilanpellon koulu (RAK 8)	39 624
<b>Campusalueen rakennukset yhteensä</b>	<b>154 977</b>

Arvio maalämpöjärjestelmän vuotuisista huolto- ja ylläpitokustannuksista on 1 000 – 2 000 €/a neljää teollisuusluokan maalämpöpumppua kohden. Molempia maalämpökenttiä kohden arviolta tarvittaisiin noin kolmesta neljään teollisuusluokan maalämpöpumppua, joten arvio huolto- ja ylläpitokustannuksista olisi arviolta noin 2 500 €/a yhteensä koko maalämpöjärjestelmälle. Seuraavassa taulukossa esitetään kokonaisinvestointikustannukset rakennuksittain. Investointikustannusarviot sisältävät maalämpöjärjestelmän laitteistot teknisissä tiloissa, maalämpökaivot ja maalämpökaivojen porauskustannukset, järjestelmän lämpöputkivedot, kalustohallin ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän laite- ja asennuskustannukset, lämmönjakohuoneiden muutostyöt sekä maalämpöjärjestelmän laite- ja työkustannukset. Kustannuksissa on huomioitu myös työnjohto- ja lisätyökustannukset.

**Taulukko 31.** Campusalueen kiinteistöjen uuden energijärjestelmän kokonaisinvestointikustannukset. Ei huomioitu uuden huoltorakennuksen ja teknisen tilan rakennuskustannusarvioita.

Rakennus	Kokonaisinvestointikustannusarvio [€, alv. 0 %]
Kunnan kiinteistöhoito varikko (RAK 4)	99 340
Vihko-koulukeskus (RAK1+RAK2)	1 159 885
Kirkonkylän liikuntahalli (RAK 3)	418 030
Pappilanpellon koulu (RAK 8)	724 272
<b>Kirkonkylän Campusalueen rakennukset yhteensä</b>	<b>2 401 527</b>

#### 7.4 Suoran sähkölämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne

4 MW suoran sähkölämmitysjärjestelmän arvioidut kustannukset ovat alla olevassa taulukossa. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

**Taulukko 32.** Hakelämmitysjärjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Sähkökattilalaitoksen rakennuskustannukset	260 000
Sähkökattilalaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	200 000
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	68 050
Sähköverkon, muuntajan ja sähköliittymän muutokustannukset	200 000
<b>Yhteensä</b>	<b>1 060 000</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>178 280</b>

#### 7.5 Hakelämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne

4 MW hakelämmitysjärjestelmän arvioidut kustannukset ovat alla olevassa taulukossa. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

**Taulukko 33.** Hakelämmitysjärjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Hakekattilalaitoksen rakennuskustannukset	1 380 000
Hakekattilalaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	2 066 000
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	68 050
Sähköverkon, muuntajan ja sähköliittymän muutokustannukset	200 000
Sähkösuodatin	300 000
<b>Yhteensä</b>	<b>4 114 050</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>145 749</b>

## 7.6 Biokaasulämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne

Biokaasulämmitysjärjestelmän arvioidut kustannukset. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

Taulukko 34. Biokaasulämmitysjärjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Biokaasukattilalaitoksen rakennuskustannukset	256 000
Biokaasukattilalaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	458 050
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	68 050
Sähkösuodatin	150 000
Sähköverkon, muuntajan ja sähköliittymän muutoskustannukset	200 000
<b>Yhteensä</b>	<b>1 064 050</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>434 885</b>

## 7.7 Geotermisen lämmitysjärjestelmän arvioitu kustannusrakenne

Geotermisen lämmitysjärjestelmän arvioidut kustannukset. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

Taulukko 35. Geotermisen lämmitysjärjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Geotermisen lämpölaitoksen rakennus- ja asennuskustannukset	1 500 000
Geotermiset lämpökaivot	600 000
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	68 050
<b>Yhteensä</b>	<b>2 368 050</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>115 148</b>

## 7.8 Hake + biokaasu + IVLP -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne

Hake + Biokaasu + IVLP -lämmitysjärjestelmän arvioidut kustannukset ovat alla olevassa taulukossa. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

**Taulukko 36.** Hake + Biokaasu + IVLP -järjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Lämpölaitoksen rakennuskustannukset	2 150 750
Lämpölaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	587 400
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	68 050
Sähkösuodatin	300 000
Sähköverkon, muuntajan ja sähköliittymän muutoskustannukset	200 000
<b>Yhteensä</b>	<b>3 086 800</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>215 089</b>

### 7.9 Hake + sähkökattila + IVLP -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne

Hake + sähkökattila + IVLP -järjestelmän arvioidut kustannukset. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

**Taulukko 37.** Hake + sähkö + IVLP -järjestelmän kustannusarvio.

Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Lämpölaitoksen rakennuskustannukset	1 386 000
Lämpölaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	647 380
LJH-muutostyökustannukset	100 000
Varavoimakone asennettuna	68 050
Sähkösuodatin	150 000
<b>Yhteensä</b>	<b>2 284 050</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>140 943</b>

### 7.10 Biokaasu + sähkökattila + IVLP -järjestelmän arvioitu kustannusrakenne

Biokaasu + sähkökattila + IVLP -järjestelmän arvioidut kustannukset. Kustannukset ovat suuntaa antavia ja tarkentuvat toteutussuunnitteluvaiheessa.

**Taulukko 38.** Biokaasu + sähkökattila + IVLP -järjestelmän kustannusarvio.

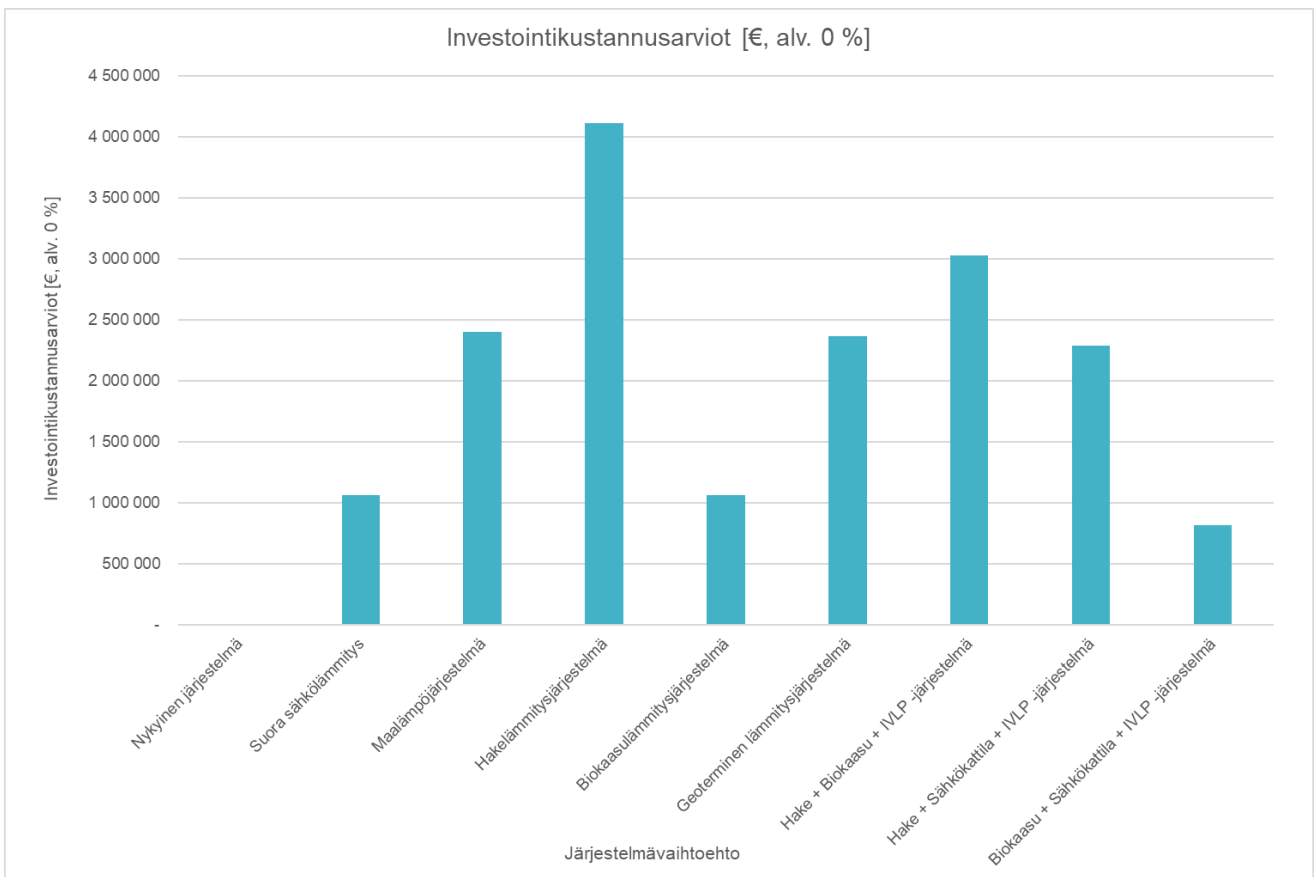
Kustannuslaji	Arvio [€, alv. 0 %]
<b>Investointikustannukset:</b>	
Lämpölaitoksen rakennuskustannukset	290 000
Lämpölaitoksen laite- ja materiaalikustannukset asennettuna	425 650
LJH-muutostyökustannukset	100 000

Varavoimakone asennettuna	68 050
Sähkösuodatin	150 000
<b>Yhteensä</b>	<b>815 650</b>
<b>Ostoenergiakustannukset</b>	<b>240 779</b>

### 7.11 Yhteenveto investointikustannusarvioista

Alla on yhteenveto järjestelmävaihtoehtojen investointikustannusarvioista. Alustavista arvioista havaitaan, että hakeämmitysjärjestelmän sisältävät vaihtoehdot ovat kustannuksiltaan hieman muita suurempia, koska hakekattilalaitoksen tekniikka 4 MW ja 2 MW kokoluokissa on merkittävää verrattuna pienemmän kokoluokan hakekattilalaitoksiin. Osa kustannuksista näissä aiheutuu myös hakevaraston investointikustannuksista.

Suoran sähkölämmityksen, biokaasulämmitysjärjestelmän ja biokaasu + sähkökattila + IVLP -lämmitysjärjestelmän arvioidut investointikustannukset ovat hakekattilan sisältäviä vaihtoehtoja pienemmät. Tämä selittyy osin sillä, että näiden vaihtoehtojen polttoaineen säilytyksen investoinnit ovat pienemmät ja tuotantomuotojen vuosihyötysuhteet ovat paremmat kuin hakkeella ja polttoaineiden energiatiheys on parempi kuin hakkeella.

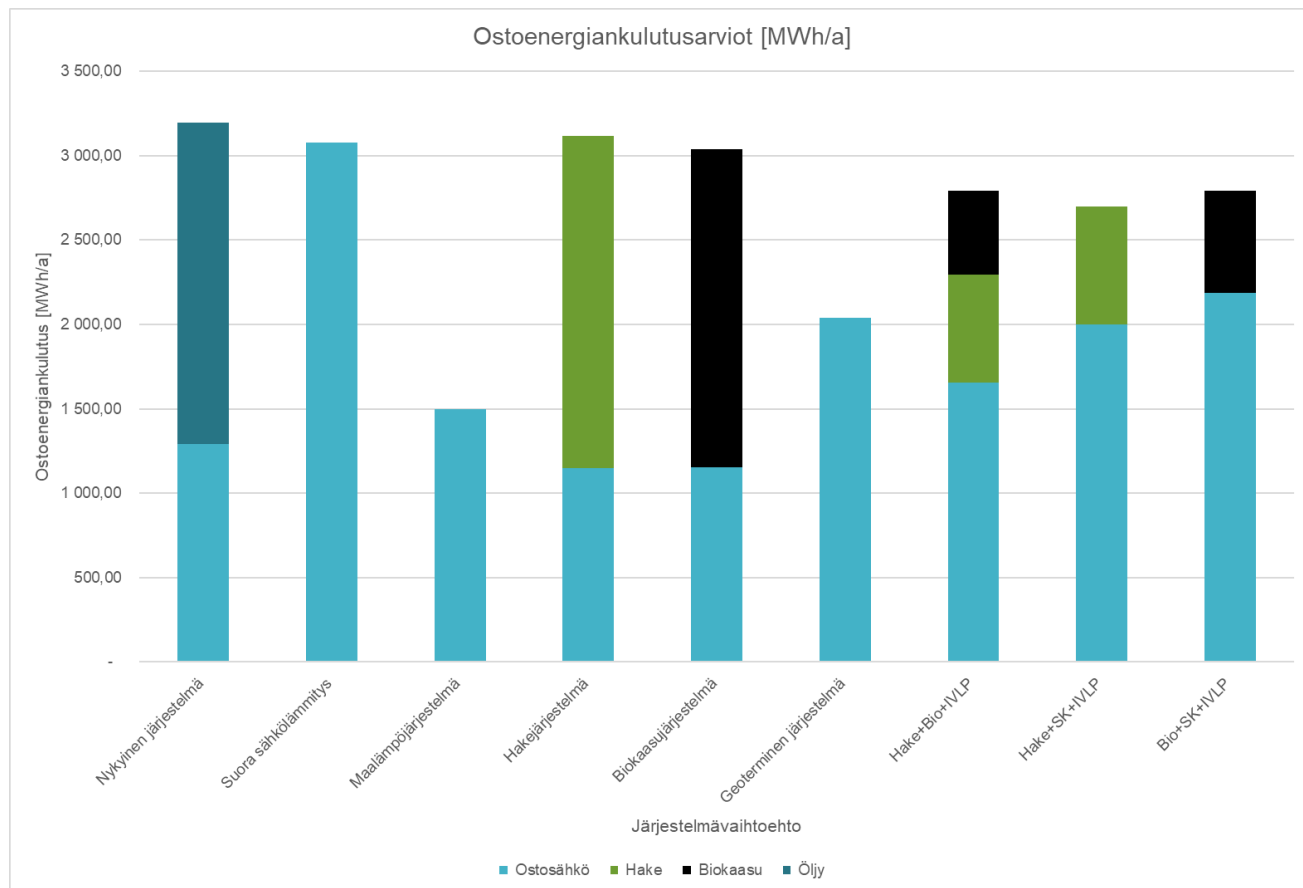


Kuva 14. Järjestelmävaihtoehtojen investointikustannusarviot.

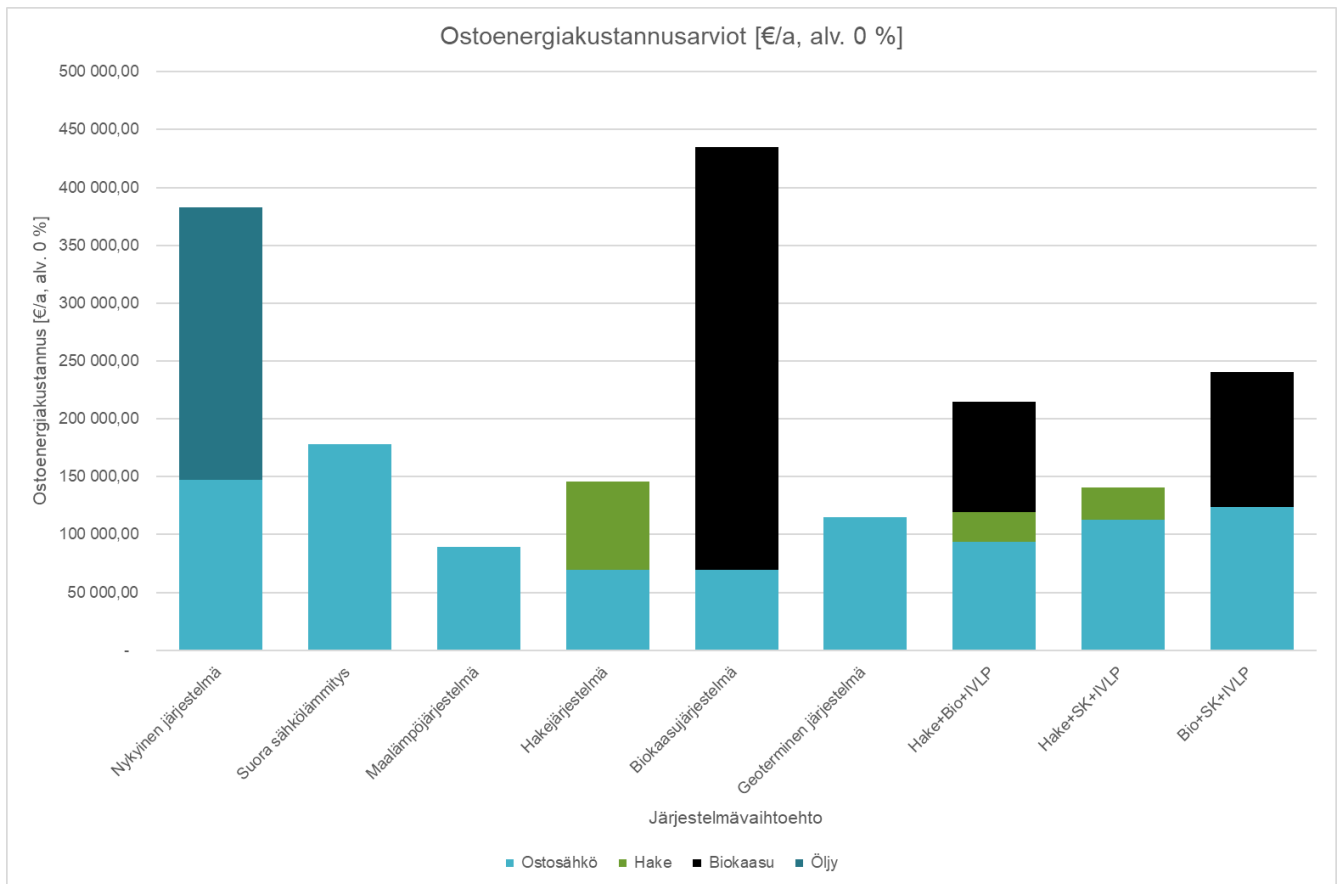
Yhdessä nämä asiat aikaan saavat sen, että sekä lämpölaitoksen tarvittava pinta-ala on pienempi ja investointikustannukset ovat pienemmät myös tarvittavan tekniikan osalta.

## 7.12 Yhteenveto ostoenergiakulutuksista ja -kustannuksista

Alla on yhteenveto järjestelmävaihtoehtojen ostoenergiakulutuksista ja -kustannuksista.



Kuva 15. Järjestelmävaihtoehtojen ostoenergiankulutusarvio.



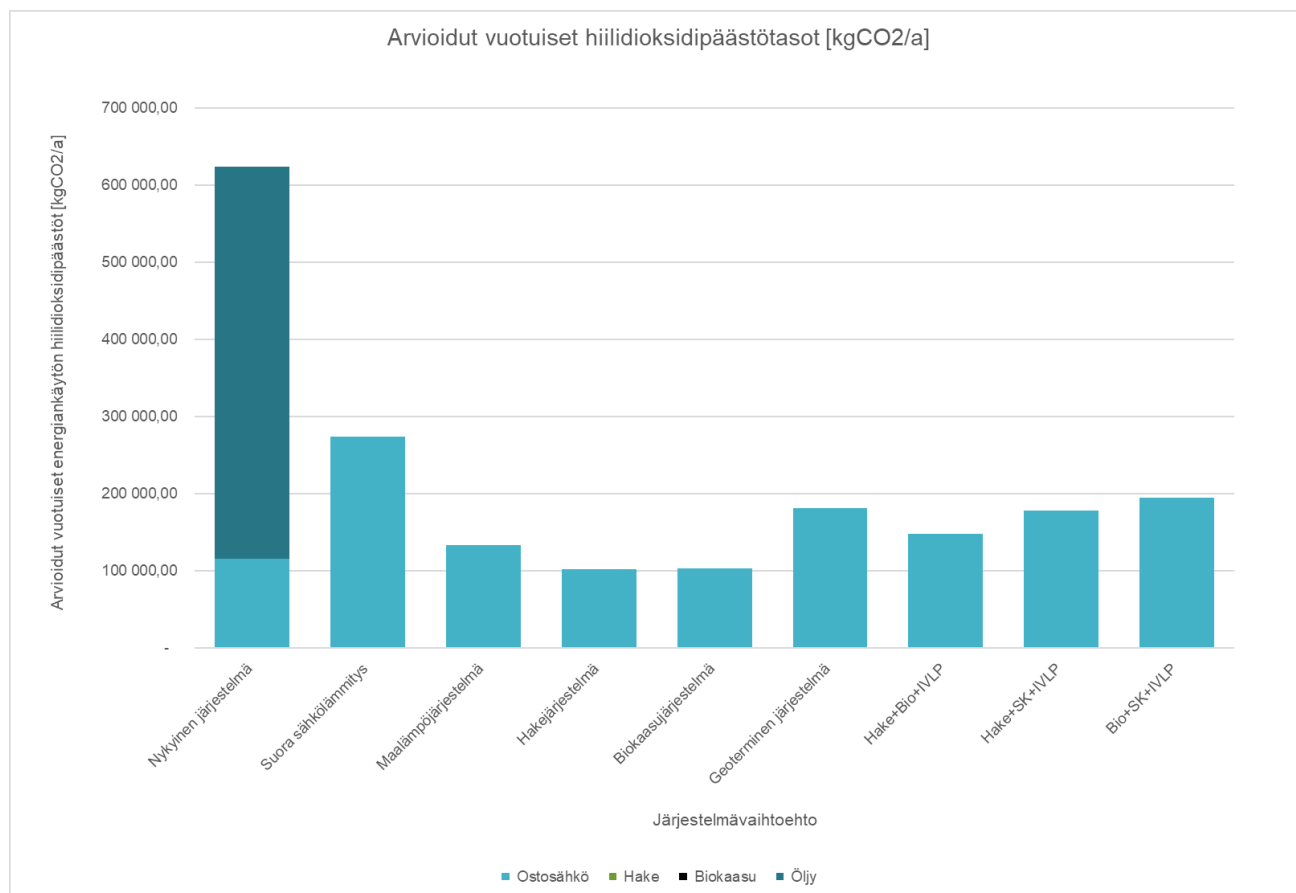
Kuva 16. Järjestelmävaihtoehtojen ostoenergiakustannusarvot.



### 7.13 Järjestelmävaihtoehtojen energiankäytön hiilidioksidipäästöt

Alla on yhteenveto järjestelmävaihtoehtojen arvioiduista energiankäytön hiilidioksidipäästöistä. Energiamuotojen hiilidioksidipäästökertoimina on käytetty Suomen keskiarvoja.

- Ostosähkölle 89,00 kg<sub>CO2</sub>/MWh<sub>ostosähkö</sub>
- Hakkeelle 0,0 kg<sub>CO2</sub>/MWh<sub>hake</sub>
- Biokaasulle 0,00 kg<sub>CO2</sub>/MWh<sub>biokaasu</sub>
- Öljylle 267,00 kg<sub>CO2</sub>/MWh<sub>öljy</sub>



Kuva 17. Arvioidut vuotuiset hiilidioksidipäästöt.

## 8 KANNATTAVUUSLASKELMAT

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen kannattavuuslaskelmat suoritetaan takaisinmaksuajan menetelmällä huomioiden rahan arvon heikkeneminen (diskonttaus), annuiteettitekijä, sisäinen korkokanta, kokonaisinvestointikustannukset sekä nykyiseen energijärjestelmään verrattuna olevat vuotuiset menot ja säästöt. Laskelmissa ei ole mukana Kirkkonniemen koulun kulutuksia eikä kustannuksia.

### 8.1 Takaisinmaksuajan menetelmä ja yhteenveto järjestelmävaihtoehtojen takaisinmaksuajoista

Takaisinmaksuaika lasketaan investoinneille. Sisäinen korkokanta on 3 % ja käytetyt energiahinnat ovat taulukossa 37. Negatiivinen säästö indikoi kasvaneita kustannuksia. Positiivinen säästö indikoi pienentyneitä kustannuksia ja negatiivinen säästö indikoi kasvaneita kustannuksia. Biokaasulämmitysjärjestelmällä ei ole teoreettista takaisinmaksuaikaa, koska järjestelmällä ei ole säästöjä. Takaisinmaksuaikalaskennassa ei ole huomioitu mahdollisesti haettavien ja saatavien tukien vaikutusta, koska tukien rahallinen määrä, tuettavan investoinnin osuus, haettavuus ja soveltuvuus sekä tukiehdot muuttuvat vuosittain.

**Taulukko 39.** Järjestelmävaihtoehtojen arvioidut vuotuiset säästöt ja takaisinmaksuajat.

Järjestelmävaihtoehto	Investointikustannukset, [€, alv. 0 %]	Vuotuinen säästö, [€, alv. 0 %]	Takaisinmaksuaika, TMA [vuotta, a]
Suora sähkölämmitys	1 060 000	194 780	6
Maalämpö	2 401 527	283 906	9
Hakelämmitys	4 114 053	227 311	26
Biokaasulämmitys	1 064 053	-61 794	-
Geoterminen lämmitys	2 368 050	257 912	10
Hake + biokaasu + IVLP	3 025 800	157 971	28
Hake + sähkökattila + IVLP	2 285 025	232 117	11
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	815 650	132 281	6

## 9 HERKKYYSANALYYSIT

Takaisinmaksuajan lisäksi suoritetaan herkkyyshanalyysit energiahintojen muutoksilla. Oletuksena on se, että energiahintojen pieneneminen on 60 % ja kasvaminen 200 %. Herkkyyshanalyysissä tarkasteltu kerrallaan vain yksittäisen energiahinnan muutoksen vaikutusta. Havaitaan, että energiahinnoilla on merkittävä vaikutus järjestelmien takaisinmaksuaikoihin. On huomioitavaa kuitenkin, että energiahintojen muutoksia on vaikea ennustaa, joten nämä oletusmuutokset ovat vain arvioita.

**Taulukko 40.** Öljynhinnan vaihteluiden vaikutukset takaisinmaksuaikoihin.

Järjestelmävaihtoehto	Öljynhinta -60 %, [vuotta, a]	Nykyinen öljyn hinta [vuotta, a]	Öljynhinta +200 %, [vuotta, a]
Suora sähkölämmitys	12	6	2
Maalämpö	16	9	5
Hakelämmitys	>70	26	10
Biokaasulämmitys	-	-	-
Geoterminen lämmitys	19	10	5
Hake + biokaasu + IVLP	>70	28	8
Hake + sähkökattila + IVLP	23	11	5
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	35	6	2

**Taulukko 41.** Sähkönhinnan vaihteluiden vaikutukset takaisinmaksuaikoihin.

Järjestelmävaihtoehto	Sähkönhinta -60 %, [vuotta, a]	Nykyinen sähkön hinta [vuotta, a]	Sähkönhinta +200 %, [vuotta, a]
Suora sähkölämmitys	4	6	100
Maalämpö	8	9	15
Hakelämmitys	22	26	51
Biokaasulämmitys	-	-	-
Geoterminen lämmitys	9	10	23
Hake + biokaasu + IVLP	21	28	70
Hake + sähkökattila + IVLP	9	11	28
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	4	6	70

**Taulukko 42.** Hakkeenhinnan vaihteluiden vaikutukset takaisinmaksuaikoihin.

Järjestelmävaihtoehto	Hakkeenhinta -60 %, [vuotta, a]	Nykyinen hakkeen hinta [vuotta, a]	Hakkeenhinta +200 %, [vuotta, a]
Suora sähkölämmitys	6	6	6
Maalämpö	9	9	9
Hakelämmitys	22	26	57
Biokaasulämmitys	-	-	-
Geoterminen lämmitys	10	10	10
Hake + biokaasu + IVLP	26	28	39
Hake + sähkökattila + IVLP	11	11	13
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	6	6	6

**Taulukko 43.** Biokaasun hinnan vaihteluiden vaikutukset takaisinmaksuaikoihin.

<b>Järjestelmävaihtoehto</b>	<b>Biokaasun hinta -60 %, [vuotta, a]</b>	<b>Nykyinen hinta [vuotta, a]</b>	<b>Biokaasun hinta +200 %,  [vuotta, a]</b>
Suora sähkölämmitys	6	6	6
Maalämpö	9	9	9
Hakelämmitys	26	26	26
Biokaasulämmitys	16	-	-
Geoterminen lämmitys	10	10	10
Hake + biokaasu + IVLP	20	28	>70
Hake + sähkökattila + IVLP	11	11	11
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	4	6	>70

## 10 KIRKKONIEMEN KOULUN LIITTÄMISEN TARKASTELU

Kirkkoniemen koulun liittäminen tarkastellaan erikseen muista järjestelmistä. Tässä huomioidaan Kirkkoniemen koulun arvioitu kokonaislämmitystehontarve, nykyisen öljykattilan tehoarvio, lämmitys- ja sähköenergiankulutusarvot sekä arvot vaikutuksista Campusalueen lämmitysjärjestelmän mitoitus- hoihin.

Kirkkoniemen koulun lämmitystehontarvearvio on noin 300 kW, johon lukeutuu tilanlämmitys, ilman- vaihdon lämmitys ja lämpimän käyttöveden valmistus sekä lämmitysjärjestelmän häviötehot.

Campusalueen lämmitysjärjestelmän mitoituksen osalta 300 kW lisälämmitystehontarve tarkoittaisi ar- viota seuraavanlaisia muutoksia lämpölaitoksiin

Lämmitysjärjestelmän muutosten lisäksi Kirkkoniemen koulun liittäminen edellyttäisi aluelämpöverkos- ton meno-paluujohtojen rakentamista maaperään. Arvio kaivuumatkasta olisi 1000 m ja kokonaihinta olisi vähintään 400 000 €. Arvio kustannuksista lämpölinjasta on karkeasti 400 €/m. Kustannus saattaa olla korkeampikin.

**Taulukko 44.** Kirkkoniemen koulun liittäminen vaikutukset järjestelmävaihtoehtojen laitteistoon.

Järjestelmävaihtoehto	Lämmitystehon lisäys, [kW]	Muutostarve [arvioitu toimenpide]
Suora sähkölämmitys	300	Yksi uusi sähkökattila / 300 kW isompi sähkökattila
Maalämpö	300	Yksi maalämpöpumppu lisää
Hakelämmitys	300	Hakekattilan nykyinen teho kattaisi lisälämmitystarpeen
Biokaasulämmitys	300	Yksi uusi biokaasukattila / 300 kW isompi biokaasukattila
Geoterminen lämmitys	300	Geotermiset lämpökaivot kattaisivat lisälämmitystehon
Hake + biokaasu + IVLP	300	Nykyiset hakekattilat kattaisivat 300 kW lisälämmitystehon
Hake + sähkökattila + IVLP	300	Nykyiset hakekattilat kattaisivat 300 kW lisälämmitystehon
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	300	300 kW isompi biokaasukattila

**Taulukko 45.** Kirkkoniemen koulun liittäminen vaikutukset järjestelmävaihtoehtojen investointikustannuksiin.

Järjestelmävaihtoehto	Muutostarve [arvioitu toimenpide]	Hinta-arvio toimenpiteestä + lämpölinjan kustannusarvio [hintaa-arvio, € alv. 0%]
Suora sähkölämmitys	Yksi uusi sähkökattila / 300 kW isompi sähkökattila	455 000
Maalämpö	Yksi maalämpöpumppu lisää	455 000
Hakelämmitys	Hakekattilan nykyinen teho kattaisi lisälämmitystarpeen	400 000
Biokaasulämmitys	Yksi uusi biokaasukattila / 300 kW isompi biokaasukattila	460 000
Geoterminen lämmitys	Geotermiset lämpökaivot kattaisivat	400 000

	lisälämmitystehon	
Hake + biokaasu + IVLP	Nykyiset hakekattilat kattaisivat 300 kW lisälämmitystehon	400 000
Hake + sähkökattila + IVLP	Nykyiset hakekattilat kattaisivat 300 kW lisälämmitystehon	400 000
Biokaasu + sähkökattila + IVLP	300 kW isompi biokaasukattila	460 000

Lämpöverkoston rakentamisen kustannukset päivitä aluelämpöverkoston kustannukset.

Karkeasti arvioiden Kirkkoniemen koulun lämmitysenergiankulutus olisi 300 MWh/a. Öljyn lämpöarvon ollessa keskimäärin 10 kWh/dm<sup>3</sup>, olisi karkea vuotuinen öljynkulutus noin 30 m<sup>3</sup>. Öljyn keskihinnalla laskien vuotuinen öljyn energiakustannus olisi noin 37 000 €. Kirkkoniemen koulun liittämisen kustannukset olisivat järjestelmävaihtoehdoissa noin 450 000 €.

Vertailu kirkkoniemen koulun nykyistä öljykustannuksia vs. uuden ki-putken rakennuskustannukset ja lämpölaitoksen 300 kW lisäys. Kirkkoniemen koulun lämmitysenergiankulutuksen huomioidessa järjestelmävaihtoehdoissa osana Campusalueen energiajärjestelmää, olisi vuotuinen säästö nykyiseen järjestelmään verrattuna 80 000 – 120 000 €. Karkean arvion perusteella Kirkkoniemen koulun liittämisen kustannusten ja vuotuisen öljykustannuksen kattamiseksi aikaa kuluisi kuusi vuotta.

Liittymisen hyötynä olisi koulun nykyisen öljylämmitysjärjestelmän poistuminen käytöstä ja öljynkäytön päästöjen poistuminen. Liittymisen myötä öljynkulutuksen kustannukset poistuisivat.

## 11 GEOTERMISEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ERILLISSELVITYS

Geotermisen lämmitysjärjestelmän erilliselvitys on toiminut geotermisen lämmön osalta lähtötietona. Geotermisten lämpökaivojen tarvittava määrä erilliselvityksen mukaan olisi kaksi 1 500 m syvää kaivoa tai kolme 1 000 m syvää kaivoa. Tilantarpeen myötä kaksi 1 500 m syvää kaivoa olisi suositeltavampi ratkaisu, koska Campusalueen alue on rajallinen, mutta kolme 1 000 m syvien kaivojen porauskustannukset olisivat enemmän kuin kahden syvemmän kaivon porauskustannukset.

Maalämpöön verrattuna kaivojen tontilta viemän pinta-alan osuus on huomattavasti paljon pienempi, kaivojen määrä on paljon pienempi. Geotermisessä lämmitysjärjestelmässä ei tarvittaisi kahta erillistä kaivokenttää ja teknistä tilaa laitteineen, kuten maalämpöjärjestelmässä tarvittaisiin.

Geotermisen lämmitysjärjestelmän energiapito vuotuisesta lämmitysenergiankulutuksesta olisi nykyisillä lämmitysverkostoilla noin 84 % ja lämmöntuotannon vuosihyötysuhde (SCOP-luku) arviolta noin 3. Matalalämpötilaverkostossa energiapito olisi vähintään 90 % ja SCOP-luku vähintään 5. Geotermisen lämmitysjärjestelmä olisi suositeltavampi matalalämpötilaverkostoissa kuin korkealämpötilaverkostoissa. **Campusalueen tapauksessa matalalämpötilaverkostoon muuttaminen kustantaisi vähintään 500 000 €.**

Geotermisen lämmitysjärjestelmän lämpölaitoksen edellyttämä tilantarve olisi noin 100 m<sup>2</sup>, mikä mahtuisi Pappilanpellon koulun viereiselle nurmikentällä nykyisen öljylämpölaitoksen paikalle.

Geotermistä lämpöä ei ole suuressa kokoluokassa vielä tehty Suomessa suurissa määrin, mutta tekniikka on toimivaa ja tulokset ovat lupaavia. Geotermisessä järjestelmässä suurimmat kustannukset ovat kaivojen porauskustannukset. Geotermisellä lämmitysjärjestelmällä saavutettaisiin säästöä energiankulutuksissa ja -kustannuksissa hyvän SCOP-luvun ja energiaperiton myötä. Huomioitavaa energiamuotojen saatavuuden ja hinnan riskien kannalta on se, että geoterminen järjestelmä käyttäisi ainoastaan sähköenergiaa.

Lämpökaivojen esteetöntä huoltoa varten kaivojen päällä ei saisi olla esteitä, rakenteita tai rakennuksia.

**Riskinä on se, että kolmas lämpökaivo saatettaisiin tarvita. Kustannusarvio yhdelle lämpökai-  
volle on vähintään 700 000 €. Jos kolmas lämpökaivo olisi tarpeellista tehdä ja jos matalaläm-  
pötilaverkostomuutokset tehtäisiin, niin investointikustannusarvio olisi kokonaisuudessaan vä-  
hintään 3,5 miljoonaa euroa. Tämä nostaisi investoinnin takaisinmaksuaika-arviota.**

## 12 KAASUSÄILIÖN SIJOITUSPAIKKA

Biokaasusäiliön sijoituspaikka biokaasua hyödyntävissä järjestelmävaihtoehdoissa voisi olla Pappilanpellon koulun hiekkakentän metsänpuoleisessa päädyssä. Edellyttäen kuitenkin sitä, että minimisuoja-  
etäisyydet täyttyvät eikä hiekkakentän käyttö estäisi säiliön sijoittamista. **Säiliön suositellaan olevan  
maalainen.** Kaasusäiliöltä yksi mahdollisuus olisi reitittää maalainen kaasuputki lämpölaitokselle,  
mutta reititys pitäisi tarkastella myöhemmässä vaiheessa. Alue on merkitty punaisella viivalla. Kaasu-  
säiliö ei todennäköisesti suojaetäisyyksien valossa mahtuisi lämpölaitoksen viereen.



Kuva 18. Kaasusäiliön mahdollinen sijoitusalue.

### 13 TILANLÄMMITYSVERKOSTON PATTEREIDEN VAIHTAMINEN

Ikkunoiden lukumäärien pohjalta arvioiden tilanlämmityspattereita olisi noin 500 kappaletta. Määrä voi olla suurempikin, jos rakennusten keskellä on sisätiloja (esim. pukutilat ja WC), joissa ei ole ulkoikkunoita. Keskimääräinen patterinvaihto kustantaa 1 000 € (alv. 0 %). Tällöin patterinvaihtokustannukset olisivat vähintään 500 000 € (alv. 0 %). Nykyisen järjestelmän hyvän teknisen kunnon vuoksi patterivaihdot eivät nyt olisi ajankohtaisia.

Vaihtaminen matalalämpötilaverkoston olisi tarpeellinen **geotermisessä lämmitysjärjestelmässä**. Muissa järjestelmissä ei ole hyötyä matalalämpötilaverkostoista. Geotermisessä lämmitysjärjestelmässä matalalämpötilaverkosto parantaisi järjestelmän vuosihyötysuhdetta (SCOP-luku) sähkönkulutusta pienentäen ja parantaisi energiapaittoa. Tämän vaikutus ostoenergiakustannuksissa olisi noin 20 000 € vuodessa. Koroton ja diskonttaamaton takaisinmaksuaika toimenpiteelle olisi noin 33 vuotta karkeasti. Pattereita ei ole kannattavaa vaihtaa.



## **14 JÄRJESTELMÄVAIHTOEHTOJEN PERIAATTEELLISET TOIMINTAKAAVIOT**

Campusalueen järjestelmävaihtoehtojen periaatteelliset toimintakaaviot ovat erillisissä liitteissä materiaaliaineistossa. Periaatteellisissa toimintakaavioissa kuvataan pelkistetyllä mallilla Campusalueen rakennukset, aluelämpöverkosto, lämpölaitos, ulkotekojään lämpökontti ja näiden keskinäinen toiminta. Lämpölaitos sisältäisi lämpöakun ja IVLP-järjestelmän.

## **15 JÄRJESTELMÄVAIHTOEHTOJEN PÄÄKOMPONENTTIEN SIOITTELU CAMPUSALUEELLE**

Järjestelmävaihtoehtojen pääkomponenttien alustavat sijoituspaikat asemakuvan päällä ovat hanke-suunnitelman erillisissä liitteissä materiaaliaineistossa. Sijoitettavat pääkomponentit ovat uusi lämpölaitos, ulkotekojään lämpökontti ja geotermisten lämpökaivojen sijoittelu Campusalueelle. Alustavissa sijoittelussa on mukana myös lämpölaitokseen liittyvä polttoaineen toimituksen purkupaikka kääntöpaikkoineen.

## **16 JÄRJESTELMÄVAIHTOEHTOJEN RISKITARKASTELU**

Järjestelmävaihtoehtojen riskit sisältävät muun muassa kybervaikuttamisen, energiakriisit, energiamuotojen hinnannousut ja saatavuusongelmat, kriisit yleisellä tasolla, liikenne- ja ratkaisuiden riskit järjestelmävaihtoehtojen ja energian toimitusvarmuuteen liittyvät riskit. Muita riskejä ovat muun muassa mahdolliset käyttäjien riskit ja vaaratilanteet. Myös EU-taksonomia ja tulevaisuuden EU-lainsäädäntö muun muassa hiilineutraalius- ja ilmastotavoitteisiin liittyen voivat muodostaa riskejä järjestelmävaihtoehtojen.

Energiamuotojen hintakriisit voivat vaikuttaa erityisesti järjestelmiin, joiden toiminta pohjautuu yhteen energiamuotoon tai hintariskialttiisiin energiamuotoihin, kuten sähköön tai biokaasuun. Esimerkkejä hintakriiseistä ovat muun muassa menneiden vuosien sähkön hintakriisit ja sähkönhinnan hallitsematon nousu. Lisäksi esimerkiksi maakaasun tuontiongelmien ulkomailta globaalien kriisien myötä on yksi mahdollinen tilanne. Suositeltavampi vaihtoehto olisi energijärjestelmässä tukeutuva kotimaiseen energialähteeseen sekä useampaan eri energiamuotoon. Tämä vähentäisi yhden energiamuodon hinnannousuista ja saatavuusongelmista aiheutuvia riskejä. Tähän liittyy myös energian toimitusvarmuuteen liittyvät kansalliset ja kansainväliset riskit.

Liikenne- ja ratkaisuiden riskit liittyvät ensisijaisesti kouluympäristössä raskaaseen liikenteeseen, koska tiheällä alueella on raskasta liikennettä sekä kouluikäisiä lapsia. Liikennejärjestelyn riski liittyy myös siihen, miten mahdolliselle kaasusäiliölle järjestettäisiin turvallinen kuljetusreitti muut käyttäjät huomioiden.

Kybervaikuttamisen riskit järjestelmiin liittyvät erityisesti tietoturvaan ja järjestelmien suojaukseen. Esimerkiksi internetiin yhdistetyt järjestelmäosat voisivat teoriassa olla ulkopuolisen tekijän saavutettavissa joko hakkerioimalla tai käyttäjätunnuksilla. Tämän myötä saattaisi olla teoriassa mahdollista, että ulkopuolinen tekijä pystyisi sammuttamaan osan laitteistosta ja siten väliaikaisesti pysäyttämään lämmön- ja tuotannon osittain tai muilla tavoin ohjaamaan järjestelmän toimintaa. Tämä korostuisi talvikautena, jolloin lämmitystarve on suurimmillaan. Riski on sitä suurempi, mitä laajempi osa lämmöntuotantolaitteistosta on kytketty internetiin. Tietoturva ja suojaus ovat olennainen osa suojautumista.

EU-lainsäädännön ja tulevaisuuden osalta todennäköinen suuntaus lämmöntuotannon osalta on sellainen, että pyritään luopumaan fossiilisista polttoaineista, vähentämään lämmöntuotannon päästöjä, lisäämään uusiutuvan ja päästöttömän energian käyttöä lämmöntuotannossa, vähentämään rakennetun ympäristön päästöjä ja parantamaan rakennetun ympäristön energiatehokkuutta ja pienentämään rakennetun ympäristön energiankulutusta. **Järjestelmävaihtoehdot, jotka täyttävät nämä suuntaviivat, ovat suunnassa EU:n pitkän ajan tavoitteen kanssa.** Vaikutukset yksittäisten tekniikoiden hyödyntämiseen näiden pitkän ajan tavoitteiden ulkopuolelta ei ole vielä tarkempaa tietoa, mutta todennäköisesti tulevina vuosina muutoksia saattaa tulla sekä EU-lainsäädäntöön kuten myös kansalliseen lainsäädäntöön. Esimerkiksi kansallinen lainsäädäntö rakennusten energiatehokkuuteen liittyen päivittyy, mutta päivitystyö on vielä työn alla. **Seurauksia on vaikeaa arvioida tässä vaiheessa.**

## 17 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET ENERGIAHANKESUUNNITELMASTA

Vihdin Kirkonkylän Campusalueen energiahankesuunnitelmassa tutkittiin nykyisen alueöljylämmitysjärjestelmän korvaavia vaihtoehtoisia järjestelmämalleja. Tarkasteluihin valittujen järjestelmien vertailun myötä kaikki järjestelmät olisivat teoriassa toteuttamiskelpoisia ja kattaisivat Campusalueen lämmitystekon ja lämmitysenergian tarpeet ja kulutukset. Erot tulevat esille mm. investointi- ja energiakustannuksissa, järjestelmien tilantarpeissa ja sijoitteluissa, energiankäytön hiilidioksidipäästöissä, säästöpotentiaaleissa ja takaisinmaksuajoissa.

Energiahankesuunnitelmassa ei ole tarkasteltu seuraavia alla olevia asioita (aloituspalaverin kokouspöytäkirjan ote):

*Tilaja laatii ja arvioi seuraavat osakokonaisuudet, jotka vaikuttavat hankkeen päätöksentekoon: (riskitarkastelussa tiiviisti tarpeen mukaan yleistasolla). Karkea hinta-arvio lämmöntuotantolaitteiden kustannuksista*

- Viranomaisluvut ja kaavoitus
- Liikennejärjestelyt ja tarvittavat muutokset
- Henkilö-, laitos-, alue- ja ympäristöturvallisuus
  - o Hiukkassuodatus, laitosturvallisuus ja valvonta yms.
  - o Kaasulaitoksen räjähdysvaara ja kaasusäiliön sijoituksen riskit yms.

**Investointikustannusten osalta havaitaan**, että järjestelmävaihtoehdoissa on eroja. Arvioiduista investointikustannuksista pienin olisi biokaasu + sähkökattila + IVLP -lämmitysjärjestelmällä ja suurin olisi hakelämmitysjärjestelmällä. Investointikustannuksissa ei ole huomioitu LVIJAS- ja RAU -suunnittelu-työkustannuksia, koska niitä on vaikeaa arvioida ennen toteutussuunnitelmien tekemistä.

**Energiankäytön ja -kustannusten osalta havaitaan**, että ostoenergiankulutus pienentyisi kaikilla järjestelmävaihtoehdoilla, mutta suurin pienentyminen tapahtuisi maalämpöjärjestelmässä ja geotermisessä järjestelmässä. Hybridijärjestelmien energiankulutusarviot sijoittuisivat puolivälin tienoille. Energiakustannusten osalta havaitaan, että järjestelmävaihtoehtojen energiakustannukset olisivat merkittävästi nykyistä järjestelmää pienempiä pois lukien biokaasua hyödyntävät vaihtoehdot. Tämä aiheutuu siitä, että nykyisen järjestelmän hyödyntämän polttoöljyn hinta, kuten myös biokaasun hinta, on korkea verrattuna sähkön ja hakkeen hintoihin. Maalämpöjärjestelmällä ja geotermisellä järjestelmällä olisivat sekä pienimmät energiankulutukset että energiakustannukset.

**Hiilidioksidipäästöjen osalta havaitaan**, että järjestelmävaihtoehdoilla olisi merkittävästi pienemmät hiilidioksidipäästötasot nykyiseen järjestelmään verrattuna. Tämä aiheutuu siitä, että nykyisen järjestelmän öljyn hiilidioksidipäästökerroin on enemmän kuin minkään muun tarkastellun energiamuodon päästökerroin. Lisäksi hakkeen ja biokaasun hiilidioksidipäästökerroin on lämmöntuotannossa 0 kgCO<sub>2</sub>/MWh<sub>hake</sub> ja 0 kgCO<sub>2</sub>/MWh<sub>biokaasu</sub>.

**Kannattavuuden ja takaisinmaksuajojen osalta havaitaan**, että nykyisillä energiahinnoilla pisimmät takaisinmaksuajat ovat hakelämmitysjärjestelmällä ja hake + biokaasu + IVLP -järjestelmällä ja muilla merkittävästi lyhyemmät takaisinmaksuajat. Nykyisillä energiahinnoilla järjestelmävaihtoehtojen takaisinmaksuajoihin ja investointien kannattavuuteen vaikuttaa erityisesti **nykyisen järjestelmän käyttämän öljyn hinta**. Herkkyysanalyyseistä havaitaan, että öljyn, biokaasun ja sähkön hintojen

muutoksilla on suurimmat vaikutukset takaisinmaksuaikoihin. Hakkeen hinnanmuutosten vaikutus on pienempi. On huomioitava, että energiahintojen ennustaminen on vaikeaa, ellei mahdotonta.

**Lämpölaitosten alustavien tilantarpeiden osalta havaitaan**, että haketta hyödyntävillä järjestelmävaihtoehdoilla on suurempi tilantarve kuin mitä muilla järjestelmillä, koska hakkeen varastoiminen vie merkittävästi tilaa, kuten myös hakekattilateknikka kuljettimiseen. Biokaasua ja sähköä hyödyntävillä järjestelmillä tilantarve lämpölaitoksen osalta on pienempi. Tilantarpeessa ja suojaetäisyyksissä on huomioitavaa biokaasusäiliön sijoittaminen Campusalueelle. Järjestelmävaihtoehtojen lämpölaitoksista alustavien arvioiden mukaan suurin tilantarve olisi haketta hyödyntävillä vaihtoehdoilla. Suurin arvioitu tilantarve olisi 660 m<sup>2</sup> (33 x 21 m). Laitos mahtuisi Pappilanpellon koulun viereiselle nurmialueelle. Muilla vaihtoehdoilla tilantarve on tätä pienempi.

**Järjestelmien pääkomponenttien Campusalueelle sijoittelun osalta havaitaan**, että soveltuvin paikka järjestelmien lämpölaitosten sijoittamiseen olisi Pappilanpellon koulun viereinen nurmialue. Hybridijärjestelmissä ulkotekojään jäähdytyskone kytkettäisiin järjestelmään lauhdelämmön hyödyntämiseksi.

**Järjestelmien riskien osalta merkittävimmät ovat energian hintariskit ja hallitsematon hinnannousu, kuten myös ulkoiset sähkökatkot ja yhden ostoenergiamuodon varassa toimivat järjestelmät.** Useamman eri ostoenergiamuodon hyödyntäminen lämmöntuotannossa pienentäisi hintariskin vaikutuksia. Varavoimakoneen hyödyntäminen sähkökatkon aikana pienentäisi riskiä lämmöntuotannon keskeytymiseen. Kyberuhista teoriassa merkittävin olisi se, jos ulkopuolinen tekijä onnistuisi kirjautumaan tai hakeroitumaan sisälle järjestelmään ja sitä kautta ohjaamaan järjestelmän toimintaa.

**Ulkotekojään jäähdytyskoneen lauhdelämmön talteenoton ja hyödynnettävyyden osalta havaitaan**, että talteen otetun ja hyödynnettävän lauhdelämpöenergian määrän arvioiminen on haastavaa, koska määrä ja hyödynnettävyysaste riippuu monesta tekijästä, joiden epävarmuustekijät ovat suuret. Arvioinnin epävarmuus on +- 25 %. Arvioitu hyödynnettävän lauhdelämmön määrä on muutamia kymmeniä megawattitunteja vuodessa, mikä on pieni osa koko Campusalueen lämmitysenergiankulutuksesta.

**Hiilidioksidin talteenoton osalta havaitaan**, että tekniikka on lähinnä kokeiluasteella teollisuudessa, eikä vielä ole kuluttajille suunnattuja tuotteita markkinoilla. Todennäköisesti muutaman vuoden sisällä on mahdollista, että tuotteita tulee markkinoille myös teollisuuden ulkopuolelle.

**Savukaasujen puhdistusjärjestelmän osalta havaitaan**, että sähkösuodatin olisi suositeltavampi ratkaisu kuin syklonisuodatin, koska sähkösuodattimen puhdistus- ja erotuskyky pienhiukkasten ja muiden päästöjen osalta on merkittävästi parempi. Täten se soveltuisi syklonia paremmin kouluympäristöön.

**Kirkkoniemen koulun aluelämpöverkoston liittämisen osalta havaitaan**, että liittämisen investointikustannukset olisivat uuden aluelämpölinjan ja Campusalueen lämpölaitoksen muutostöiden osalta vähintään 450 000 € (alv. 0 %). Liittymisen myötä etuna olisi Kirkkoniemen koulun öljylämmityksen poistuminen käytöstä ja öljylämmityksen aiheuttamien päästöjen poistuminen kouluympäristöstä. Öljylämmityksen myötä arviolta 62 000 € vuosittaiset öljykustannukset poistuisivat. Liittymisen takaisinmaksuaika olisi arviolta 6 vuotta.

Nykyisen aluelämpöverkoston ikä on alle 30, mikä on vähemmän kuin aluelämpöverkoston putken tekninen käyttöikä. Ei ole havaittu vuotoja tai muita ongelmia verkostossa. Aluelämpöverkosto arvioidaan olevan hyvässä kunnossa ja siten hyödynnettävissä. Rakennusten mitoitustehot eivät muutu, koska rakennusten lämmitystehot eivät muutu, joten aluelämpöverkoston nykyiset putkikoot ovat riittäviä myös uusissa järjestelmissä.

Ns. lämpökontin rakentaminen Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin välille maalämpöjärjestelmän laitteistolle ei olisi suositeltavaa, koska lämpökontti olisi tilapäinen ratkaisu, jonka jälkeen sen pitäisi vähintään siirtää uuteen paikkaan uuden huoltorakennuksen alta pois. Siirtäminen tarkoittaisi myös maalämpöjärjestelmän maanalaisen tekniikan ja lämpöputkien auki kaivamista, siirtämistä ja peittämistä sekä teknisen tilan urakointia. Lämpökontin (esim. ST1 Lähienergia Oy) hinta-arvio olisi vähintään 50 000 € ja lämpökontti todennäköisesti vaatisi hulevesitöitä, viemäritöitä, sähkötöitä ja ulkopuolisia rakennustöitä lisäksi. Uuden rakennettavan huoltorakennuksen teknisen tilan laajentaminen maalämpöjärjestelmän laitteiston tilantarpeet huomioiden olisi suositeltavampi ratkaisu niin kustannusten, pienempien muutostarpeiden, ratkaisun pidempiaikaisuuden kuin kiertotalouden kannalta. Maalämpölaitteiston toinen sijoituspaikka olisi Pappilanpellon koulun viereiselle nurmialueelle.

Lämmitysjärjestelmien optimoimisella suunnitteluvaiheessa voitaisiin vaikuttaa mm., pumppujen mitoittamiseen ja tilantarpeeseen, kattiloiden lukumäärään ja tehoihin, lämpö- ja lämminvesivaraajien kokoon ja tilantarpeeseen sekä järjestelmän energiatehokkuuteen. Optimoimisella voitaisiin laitteiston mitoittamisen ja valinnan myötä vaikuttaa myös investointikustannuksiin ja teknisten tilojen tilantarpeisiin sekä todennäköisesti myös investoinnin takaisinmaksu-aikaan.

EU-lainsäädännön ja tulevaisuuden näkymien osalta kehityssuunta on siirtyminen uusiutuviin energiamuotoihin, energiatehokkuuden parantamiseen, vähähiilisyteen ja hiilineutraalisuuteen sekä rakennusten energiankulutusten päästöjen vähentämiseen. **EU-tasolla direktiivit ovat päivitysasteella**, kuten myös niiden päivittämisen jälkeen muotoiltavat kansalliset lait ja asetukset. Ei vielä ole tietoa siitä, miten päivitykset vaikuttavat yksittäisten teknologioiden hyödyntämiseen lämmöntuotannossa, koska päivitystyö on vielä käynnissä. Todennäköisesti muutaman vuoden kuluessa päivitystyö on valmis.



Tuomo Reponen

Energia-asiantuntija ja LVI-suunnittelija, DI

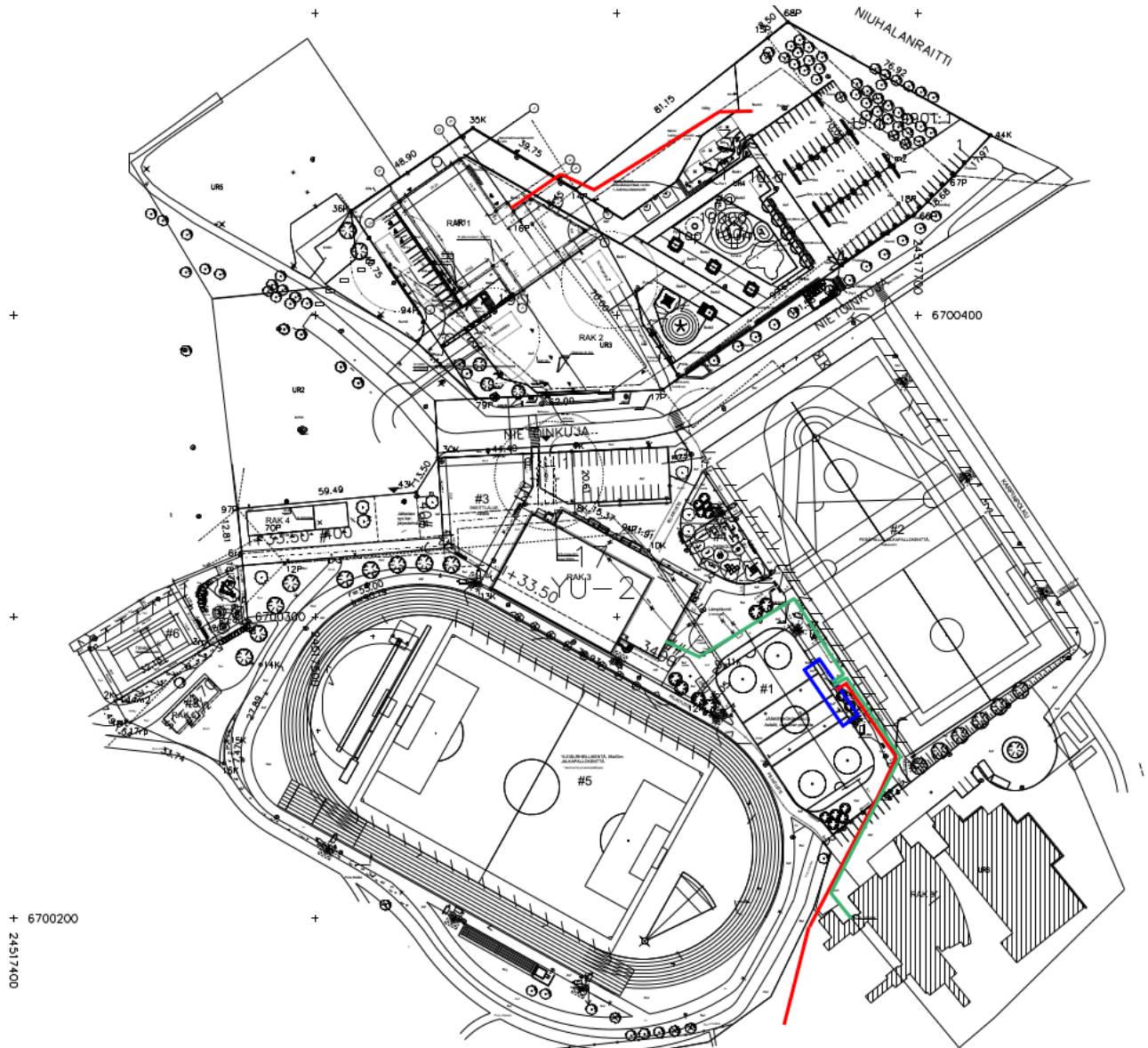
puh. 050 524 3271

A-insinöörit Suunnittelu Oy

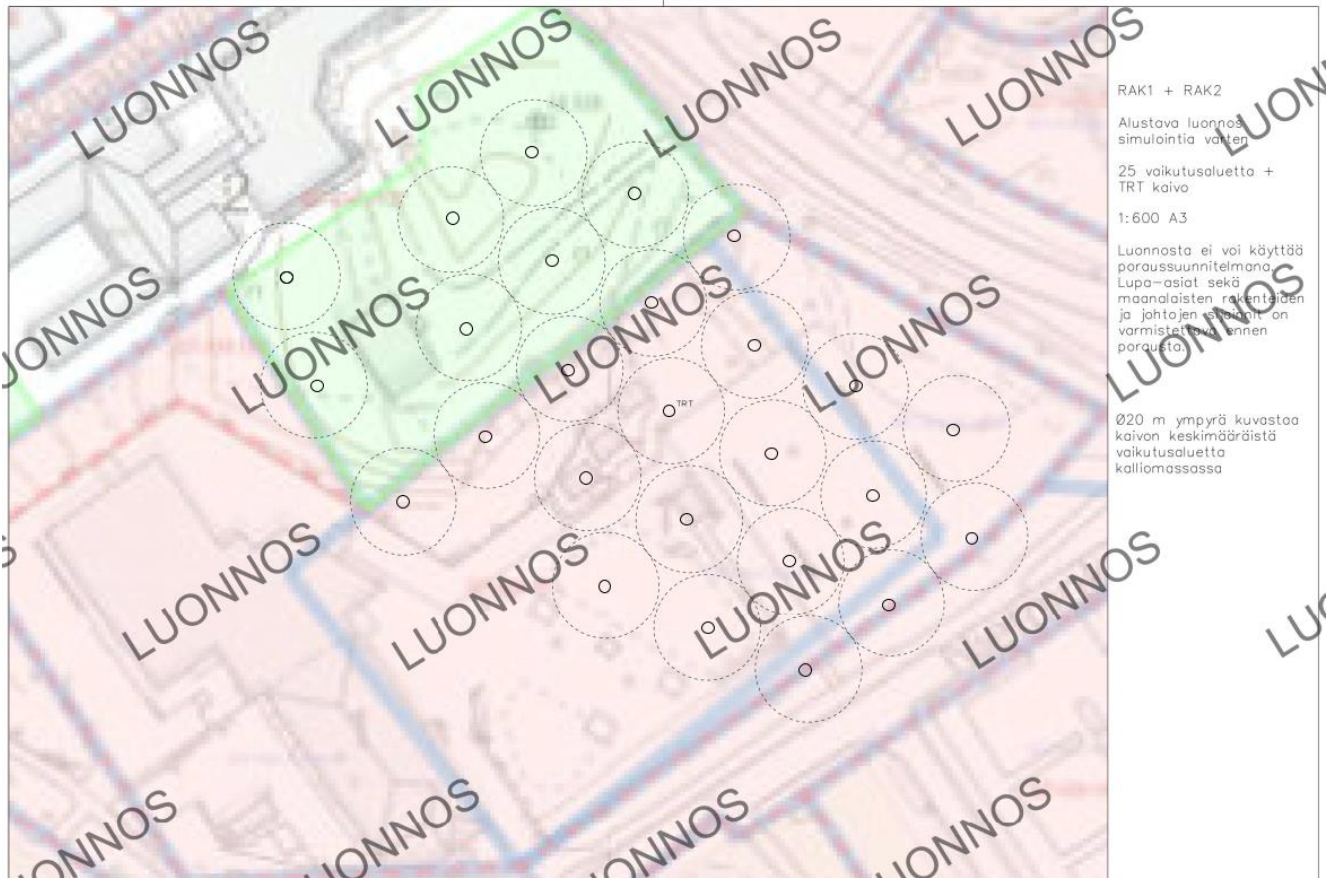
[tuomo.reponen@ains.fi](mailto:tuomo.reponen@ains.fi)

## 18 LIITTEET

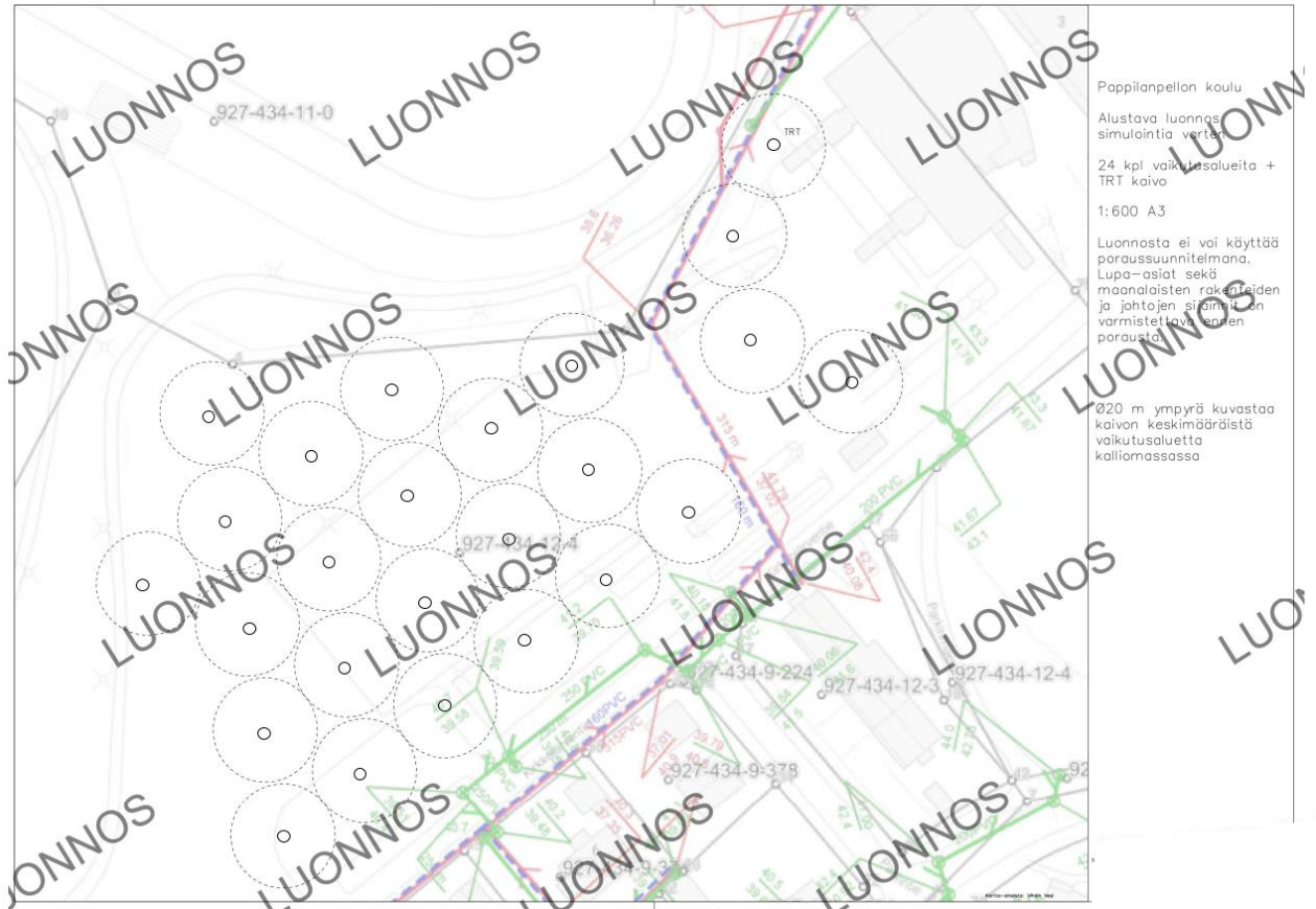
### 18.1 Maalämpöjärjestelmän alustavat putkireititykset Kirkonkylän Campusalueella



## 18.2 Maalämpökaivojen alustavat sijoitukset (Pappilanpellon koulu ja Liikuntahalli)

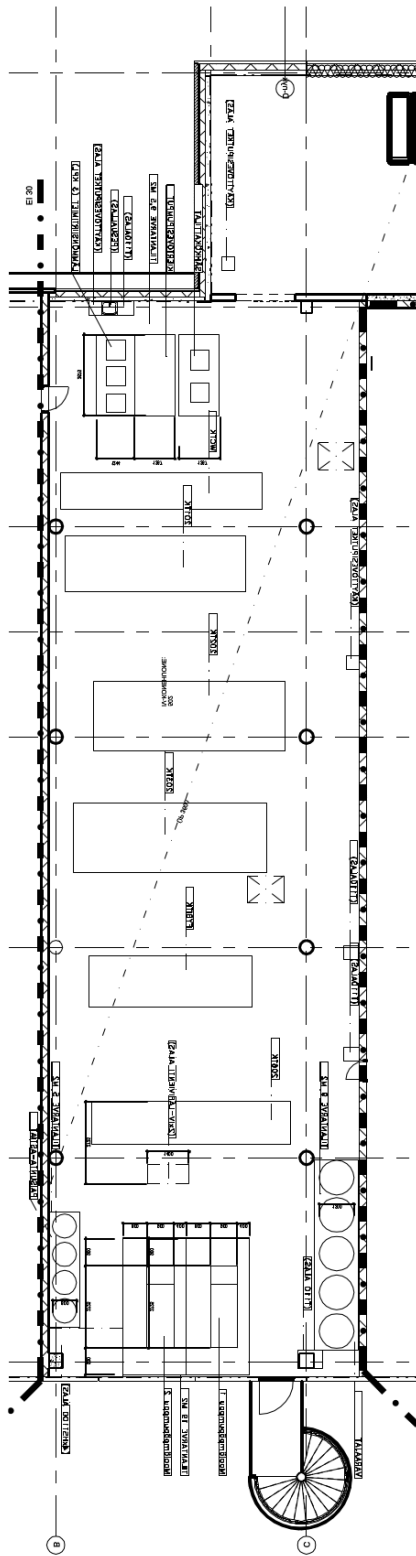


### 18.3 Maalämpökaivojen alustavat sijoitukset (Vihko-koulukeskus)

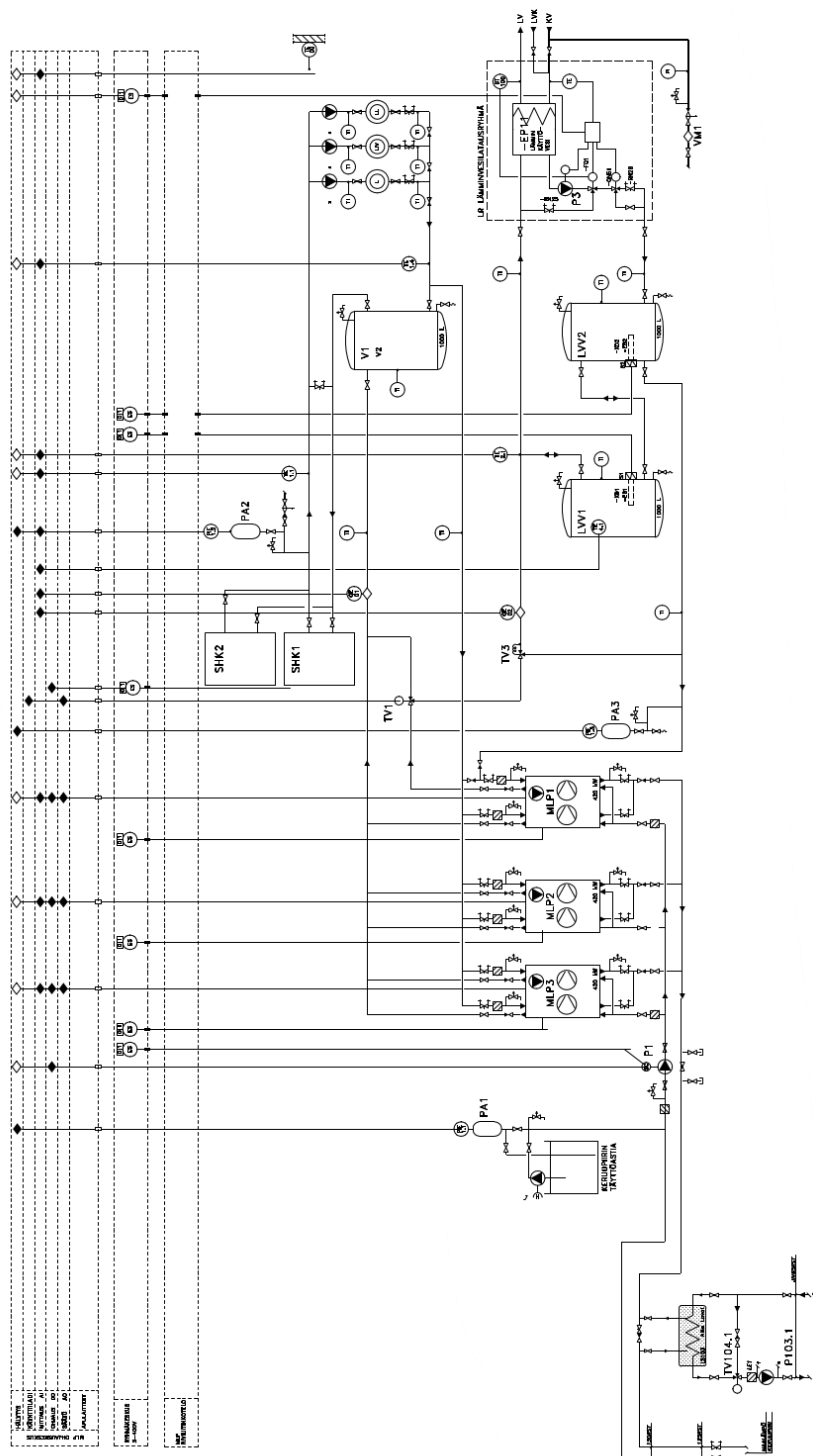




### 18.4 Vihko-koulukeskuksen maalämpöjärjestelmän alustavat tilavaraukset



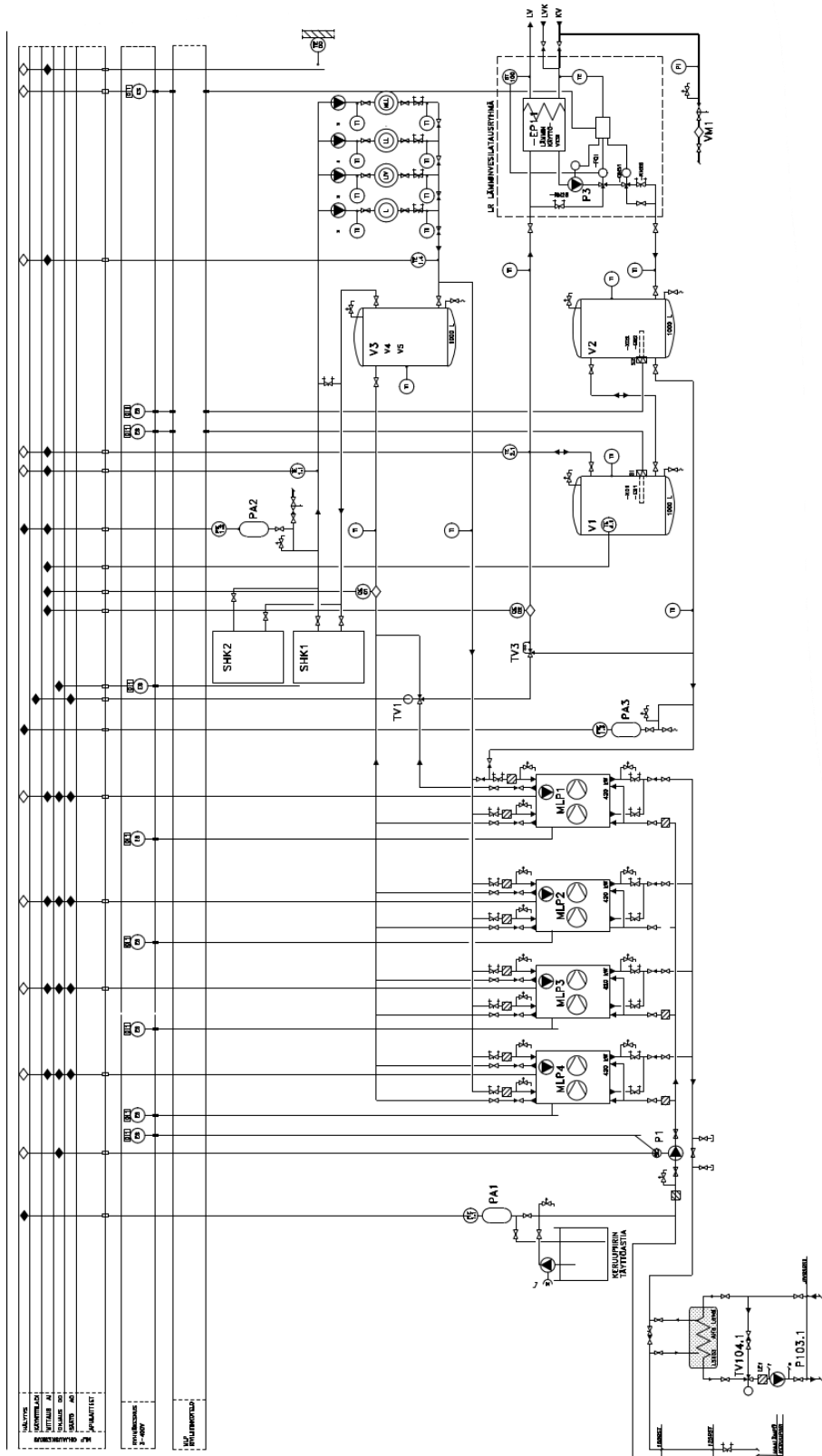
18.5 Vihko-koulukeskuksen maalämpöjärjestelmän alustava periaatekytkentäkaavio



### 18.6 Vihko-koulukeskuksen maalämpöjärjestelmän alustava laiteluettelo

LAITETUNNUS	LAITTEEN NIMITYS	LAITTEEN TYYPI	TEKNISET ARVOT	YHÄ LAITE	HANKKI ASENTÄÄ	LISÄTIETOJA
MLP1	MAALÄMPÖPUMPPU	ESIM. OILON CHILLHEAT RE-420	TEHO 420 kW			
MLP2	MAALÄMPÖPUMPPU	ESIM. OILON CHILLHEAT RE-420	TEHO 420 kW			
P1	MAAPIIRIN KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P2	LÄ-KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P3	LVK-KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P4	LIV-KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P5	LL-KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
LVL R	LÄMMINVESILÄTAUSRYHMÄ					
SHK1	SÄHKÖKATTILA					
SHK2	SÄHKÖKATTILA					
MVP	MAAVILLEAPIIRI					
LVV1	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖPUSKURIVARAAJA			
LVV2	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖPUSKURIVARAAJA			
LVV1	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖPUSKURIVARAAJA			
V1	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄMMITYSVERKOSTON LÄMPÖPUSKURIVARAAJA			
V2	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄMMITYSVERKOSTON LÄMPÖPUSKURIVARAAJA			
PA1	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
PA2	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
PA3	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
PA4	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
PA5	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
LS1	LÄMMÖNSIIRRI		LÄ-LÄMMÖNSIIRRI			
LS2	LÄMMÖNSIIRRI		LÄ-LÄMMÖNSIIRRI			
LS3	LÄMMÖNSIIRRI		LÄ-LÄMMÖNSIIRRI			

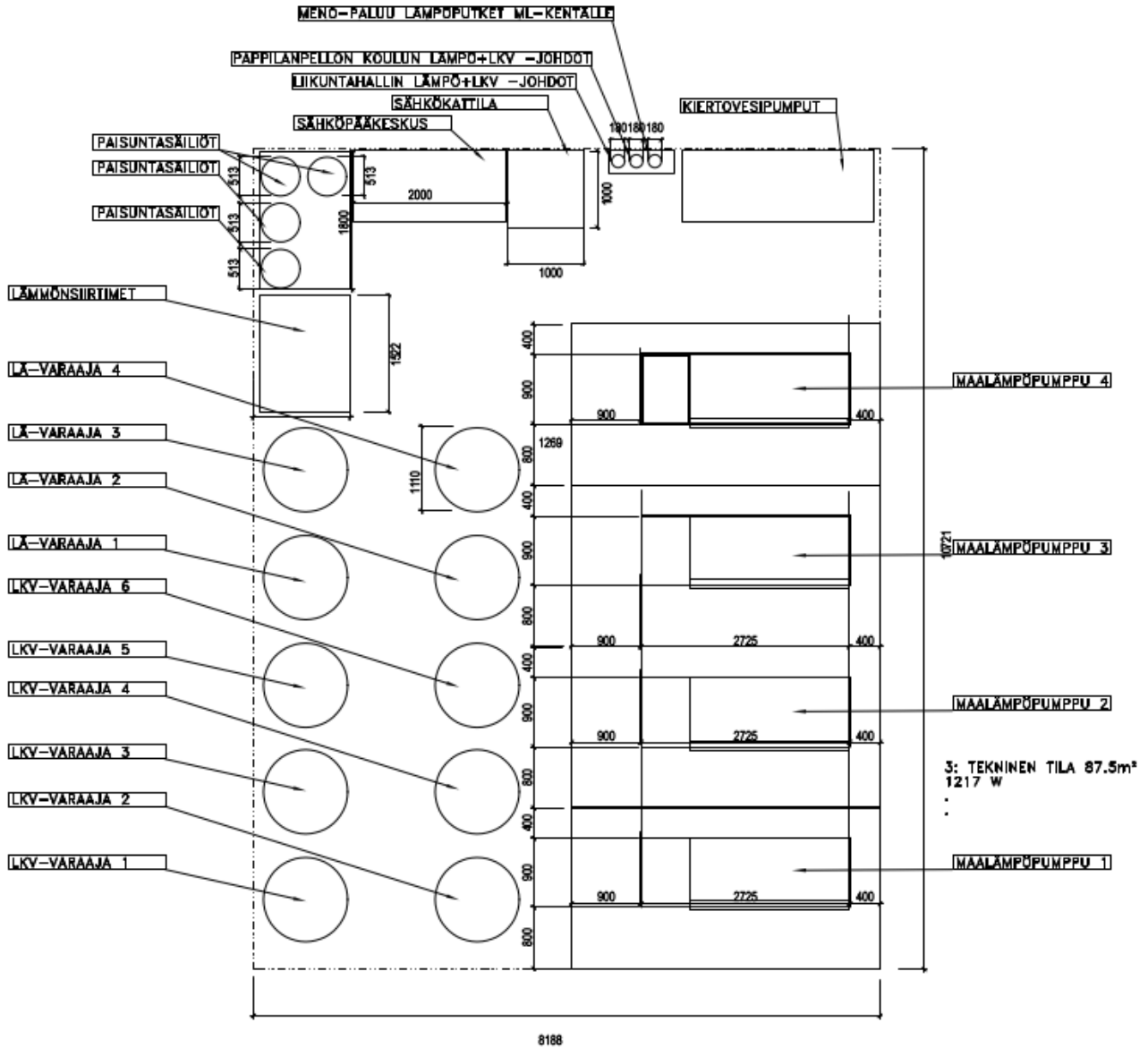
**18.7 Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpöjärjestelmän alustava periaatekytkentä-  
 kaavio**



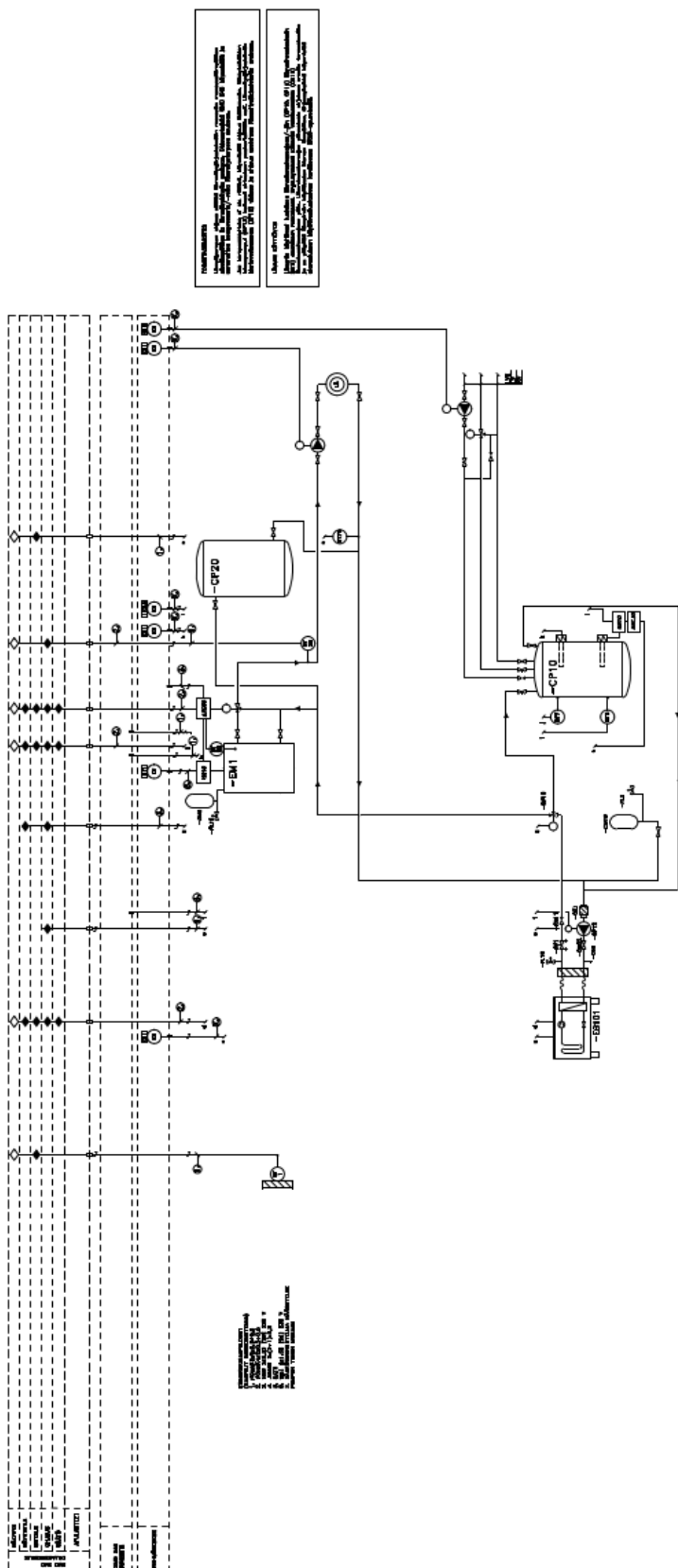
**18.8 Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpöjärjestelmän alustava laiteluettelo**

LAITETUNNUS	LAITTEEN NIMITYS	LAITTEEN TYYPI	TEKNISET ARVOT	VANHA LAITE	HANKKII/ASENTAA	LISÄTIETOJA
MLP1	MAALÄMPÖPUMPPU	ESIM. OILON CHILLHEAT RE-420	TEHO 420 kW			
MLP2	MAALÄMPÖPUMPPU	ESIM. OILON CHILLHEAT RE-420	TEHO 420 kW			
MLP2	MAALÄMPÖPUMPPU	ESIM. OILON CHILLHEAT RE-420	TEHO 420 kW			
P1	MAAPIIRIN KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P2	LÄ-KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P3	LVK-KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P4	LIV-KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
P5	LL-KIERTOPUMPPU	ESIM. WILO				
LVLR	LÄMMINVESILATAUSRHYMÄ					
SHK1	SÄHKÖKATTILA					
SHK2	SÄHKÖKATTILA					
MVP	MAAVILLEÄPIIRI					
V1	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖPUSKURIVARAAJA			
V2	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖPUSKURIVARAAJA			
V3	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖPUSKURIVARAAJA			
V4	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖPUSKURIVARAAJA			
V5	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖPUSKURIVARAAJA			
V6	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖPUSKURIVARAAJA			
V1	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄ-PUSKURIVARAAJA			
V2	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄ-PUSKURIVARAAJA			
V3	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄ-PUSKURIVARAAJA			
V4	VARAAJA	ESIM. NIBE UKV	LÄ-PUSKURIVARAAJA			
PA1	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
PA2	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
PA3	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
PA4	PAISUNTA-ASTIA	ESIM. REFLEX				
LS1	LÄMMÖNSIIRIN		LÄ-LÄMMÖNSIIRIN			
LS2	LÄMMÖNSIIRIN		LÄ-LÄMMÖNSIIRIN			
LS3	LÄMMÖNSIIRIN		LÄ-LÄMMÖNSIIRIN			

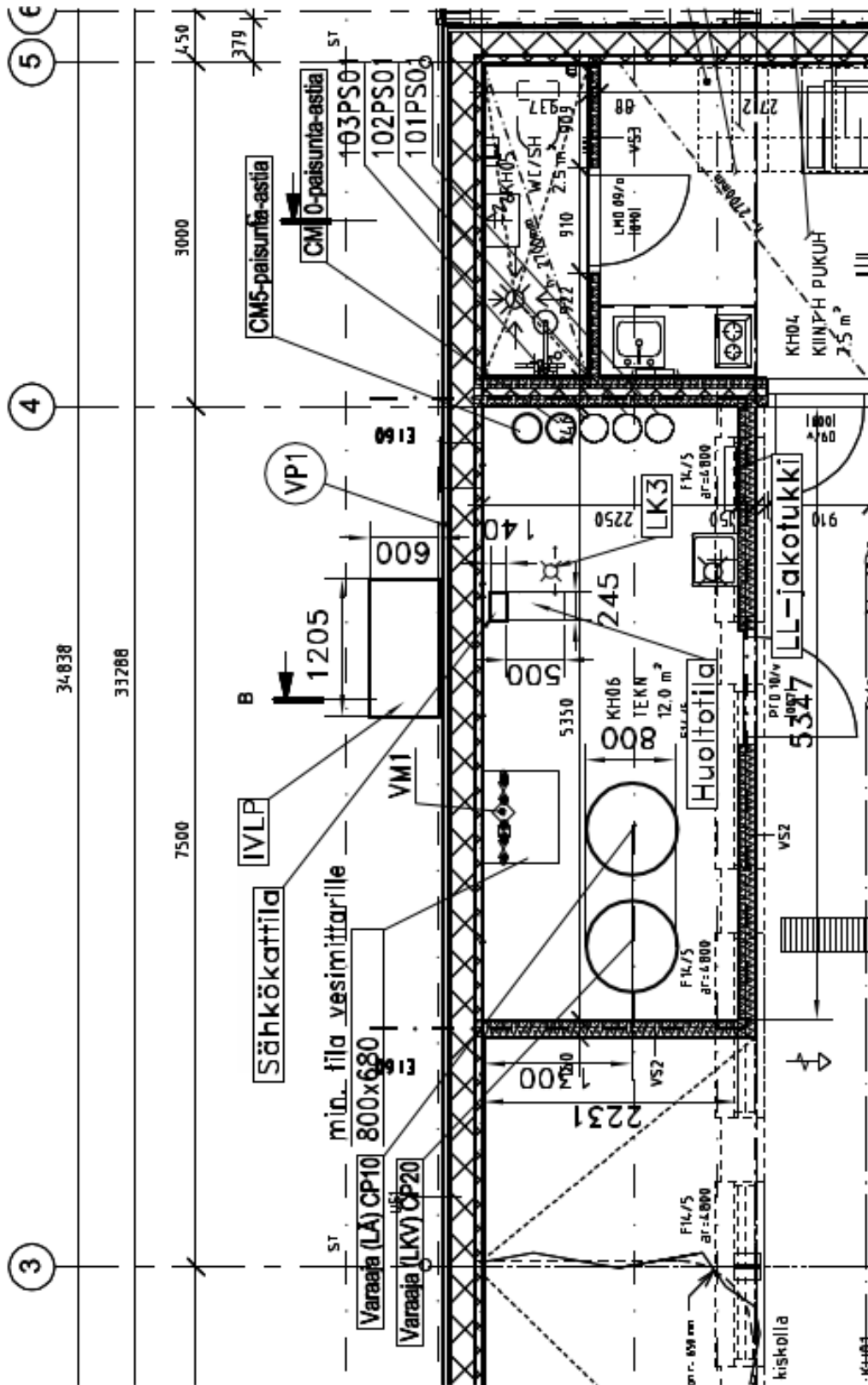
18.9 Pappilanpellon koulun ja Liikuntahallin maalämpöjärjestelmän alustavat tilavaraukset



18.10 Kalustohallin alustava IVLP-periaatekytkentäkaavio



18.11 Kalustohallin alustavat tilavaraukset





**18.12 Kalustohallin alustava IVLP-laiteluettelo**

TUOTE	LVI-NUMERO	LKM
F2120-20 3X400V	5362006	1
MAATELINE F2120/S215	5362036	1
NIBE KVR11-30	5362918	1
CPD 11-25/75 LATAUSPUMPPU	4630401	1
SMO S40	5362069	1
VST 20 VAIHTOVENTTIILI 35 MM	5361562	1
VLP 500 R LÄMPÖPUMPPUVARAAJA	5271025	1
UTT-3623 6kW 2" VASTUS	5270178	2
CU3N 20A KYTKENTÄRASIA	5271080	2
HR 10 APURELE	5361563	1
AXC 30 LISÄVARUSTEKORTTI	5362084	1
UKV 20-300 LÄMPÖPUMPPUVARAAJA	5362027	2
ELK 26 SÄHKÖKATTILA	5069005	1
ECS 41 SHUNTTIRYHMÄ	5361547	2

**18.13 Alustava uuden huoltohallin sijoituspaikka (sininen viivoitettu alue)**



*Kuva 3. Liikuntapuiston yleissuunnitelma*

18.14 Ote asemakaavasta (Vihdin karttapalvelu)

