

Kupittaaan liikunta-alueen energiasimulointi ja elinkaarilaskenta - Lisämateriaali

Päiväys	25.08.2020
Projekti	Kupittaaan liikunta-alueen energiasimulointi ja elinkaarilaskenta
Osoite	Kupittaa 20520 Turku

6Aika

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



Uudenmaan liitto
Nylands förbund



Energiaviisaat
KAUPUNGIT

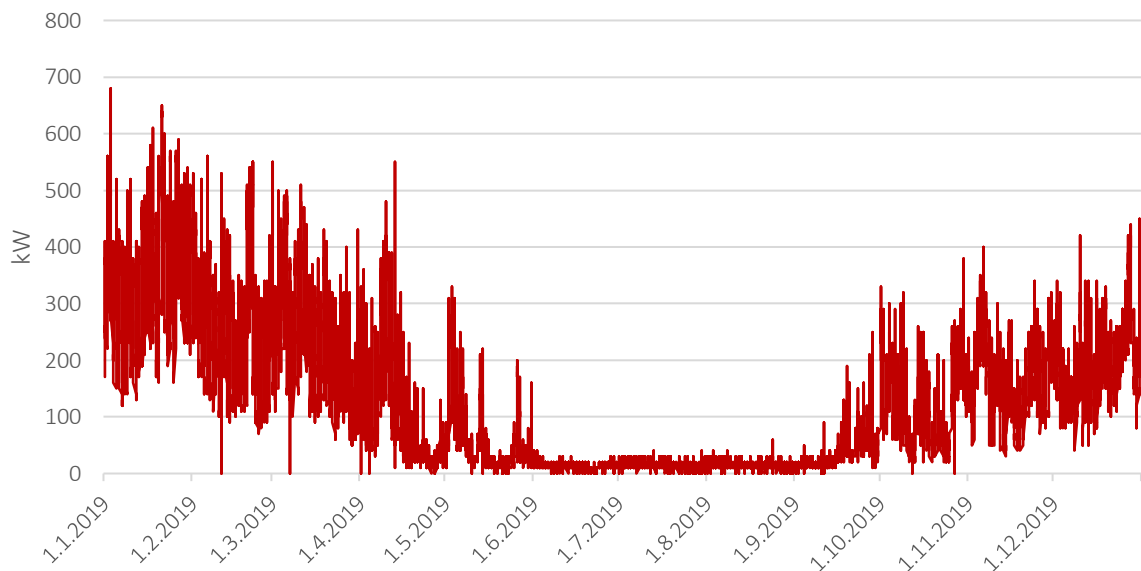


TURKU

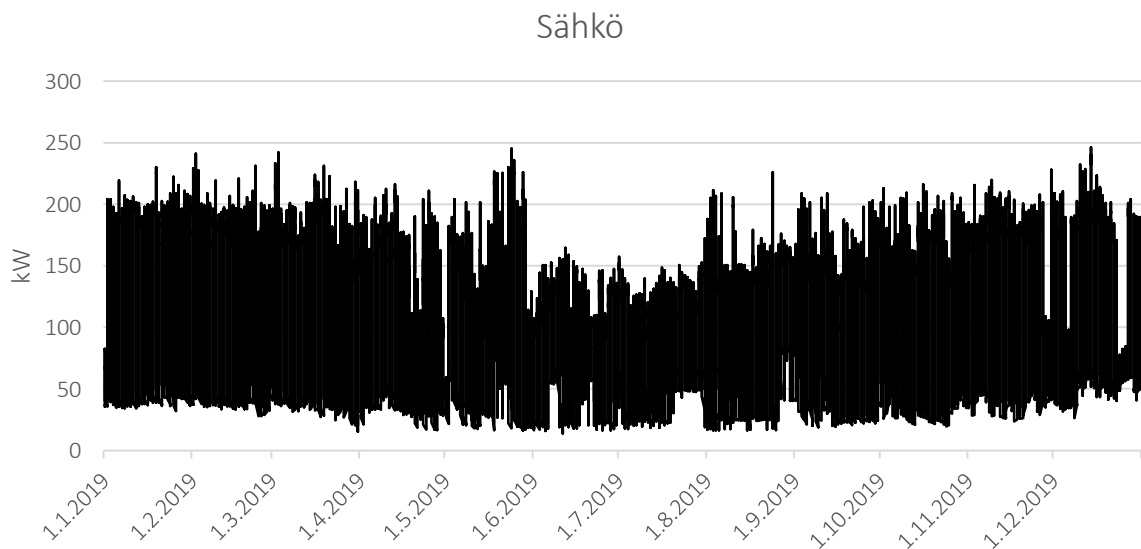
25.8.2020

1 Kulutuskohteiden energiakuvaajat

1.1 Urheiluhalli



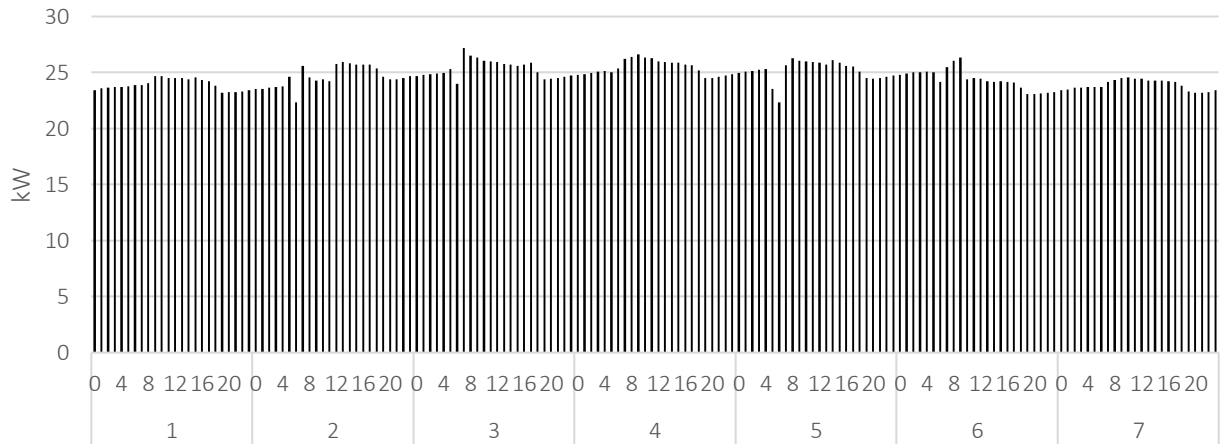
Kuvaaja 1. Urheiluhallin lämmitysteho vuoden 2019 eri ajanhetkinä.



Kuvaaja 2. Urheiluhallin sähköteho vuoden 2019 eri ajanhetkinä.

25.8.2020

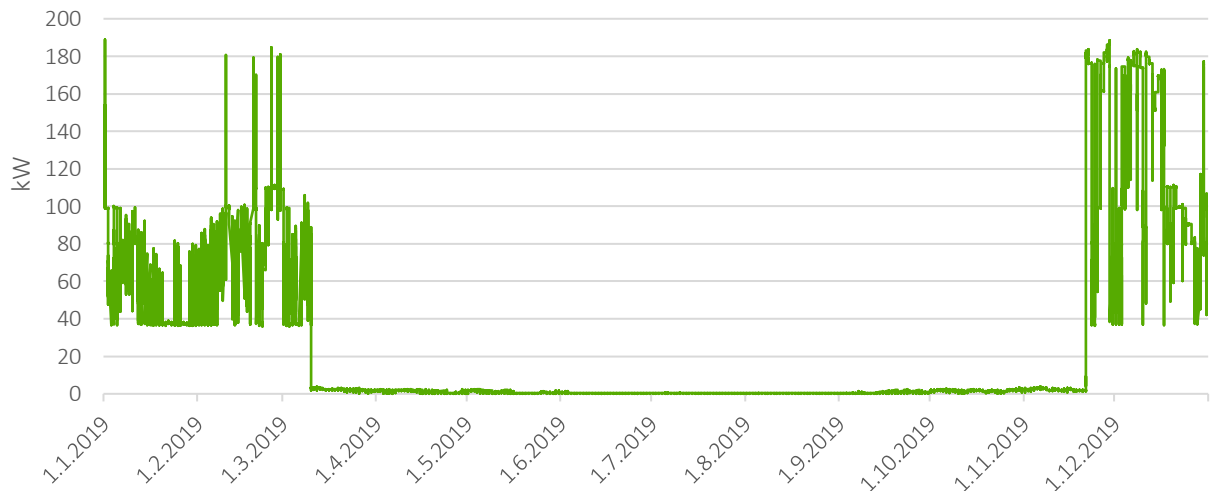
1.2 Maaumimala



Kuvaaja 3. Maaumimalan sähköteho kesäaikana eri ajanhetkinä ja viikonpäivinä.

1.3 Luistelumato

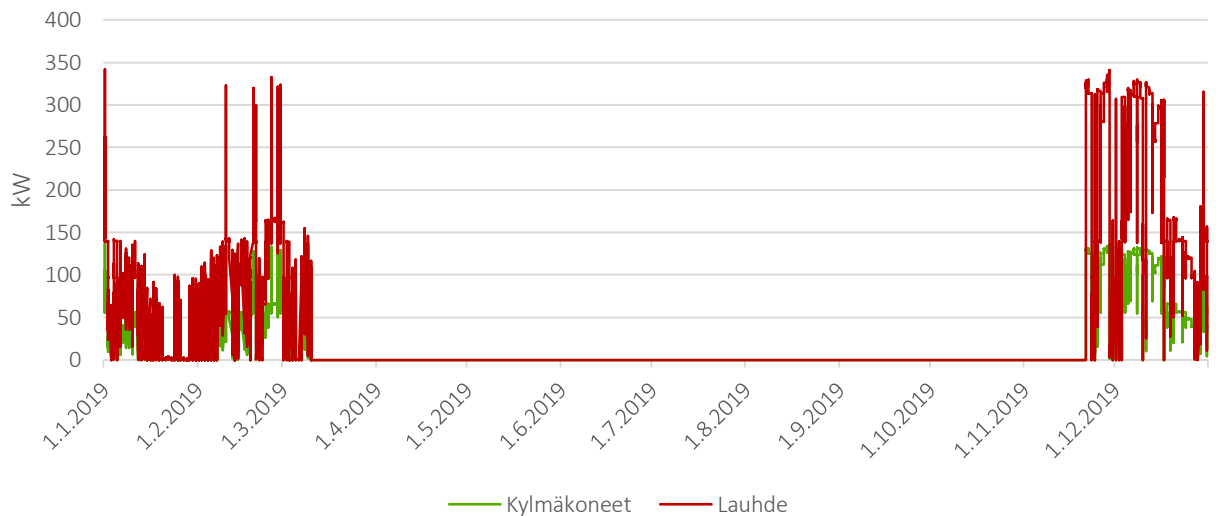
Luistelumadon energiankulutusta tutkittiin vuoden 2019 tuntikohtaisesta energiankulutusdatasta. Luistelumadon eri tuntien keskimääräinen sähköteho nähdään alla olevassa kuvaajassa 4.



Kuvaaja 4. Luistelumadon sähkön kokonaiskulutus.

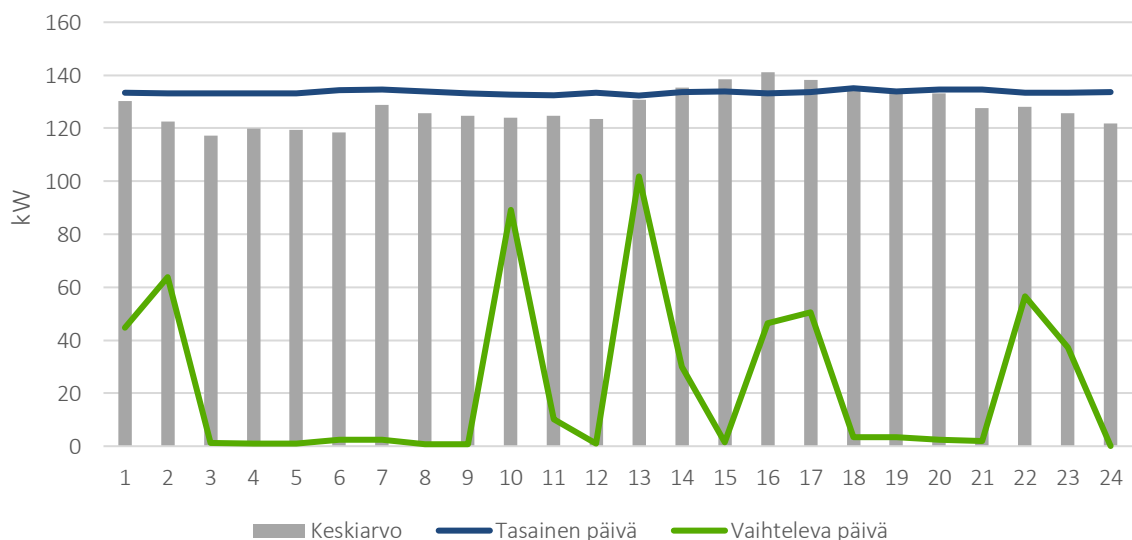
Kuvaajasta 4 nähdään selkeästi, että luistelumato on suljettu maaliskuun alkupuolella ja avattu marraskuun loppupuolella. Huoltohenkilökunnan mukaan päivät voivat vaihdella säistä johtuen, mutta näitä päiviä voidaan pitää tyypillisinä toiminta-aikoina. Luistelumadon ollessa käytössä tasainen 37 kW pohjakuorma muodostuu kylmäverkoston kiertopumpusta, jonka voidaan nähdä kuvaajasta käyvän koko ajan tasaisella teholla. Yli 37 kW sähkötehoja muodostuu kuvaajassa, kun kylmäkoneet ovat käytössä. Kuvaajassa 5 datasta on karsittu kiertopumppu ja lauhduttimien puhaltimet, joten kuvaajasta nähdään kylmäkoneiden sähkönkulutus ja keskimääräinen sähköteho. Kohdekerroksella kerättyjen tietojen pohjalta määritetyn kylmäkoneiden keskimääräisen hyötysuhteen pohjalta määritettiin kylmäkoneiden lauhteen tuoton profiili, joka nähdään samassa kuvaajassa 5.

25.8.2020



Kuvaaja 5. Luistelumadon kylmäkoneiden sähkönkulutus ja syntyvä lauhde.

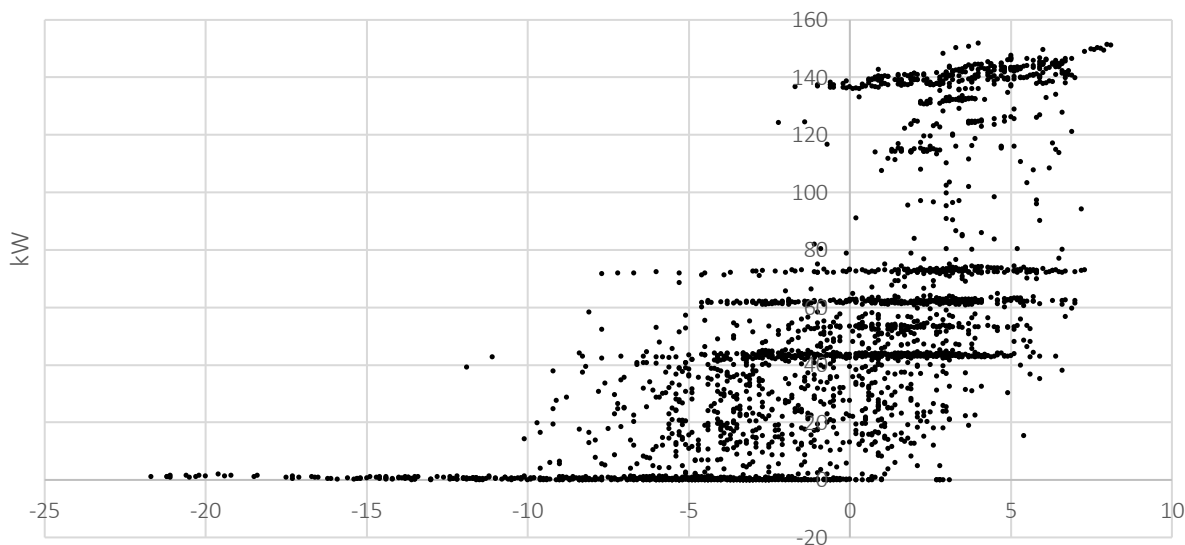
Kuvaajasta 5 nähdään, että kylmäkoneiden kompressorien käyttöaikana eri käyttötuntien keskiteho on 0-140 kW. Syntyvän lauhteen teho vaihtelee välillä 0-350 kW. Lauhteen tuotossa esiintyy tasaisen tuoton päiviä sekä päiviä, jolloin tuotto eri ajanhetkinä vaihtelee voimakkaasti. Tämä voidaan nähdä kuvaajassa 6.



Kuvaaja 6. Syntyvä lauhde päivän eri tunteina.

Kuvaajasta X voidaan nähdä, että keskimääräisesti lauhdetta syntyy vuorokauden eri tunteina lähes samat määrät. Kuvaajasta nähdään myös, että joinain päivinä kylmäkoneiden käynti on erittäin tasaista ja lauhdetta syntyy tasaisia määriä. Mahdollisen lauhteen hyötykäytön suunnittelussa on kuitenkin huomioitava, että on myös päiviä, jolloin kylmäkoneiden käynti on erittäin vaihtelevaa. Seuraavasta kuvaajasta 7 voidaan nähdä kylmäkoneiden sähköteho vuoden eri tunteina eri ulkoilman lämpötiloissa.

25.8.2020

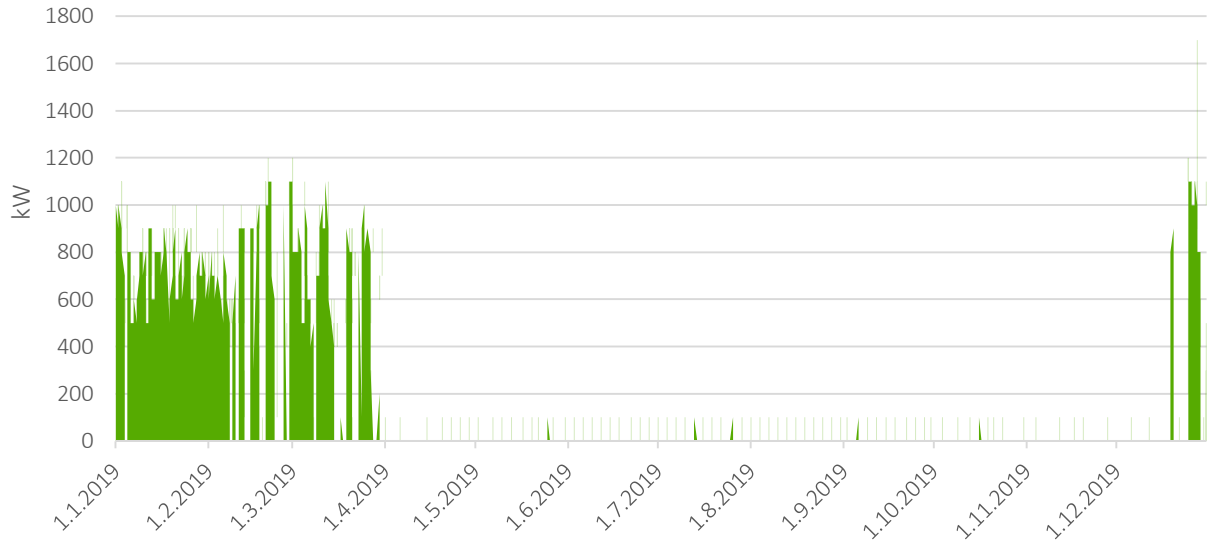


Kuvaaja 7. Kylmäkoneiden sähköteho eri ulkoilman lämpötiloissa.

Kuvaajasta 7 nähdään, että luistelumadon ollessa käytössä, ovat ulkoilman lämpötilat olleet välillä +7 - -22 °C. Koneet käyvät lähes aina noin 40 – 140 kW teholla ulkoilman lämpötilan ylittäessä 0 °C. Alle 0 °C lämpötiloissa koneiden teho tippuu 0 – 70 kW välille ja alle -5 °C lämpötiloissa koneet eivät tyypillisesti käy. Lauhdetta lämmityskäyttöön voitaisiin siis saada ulkoilman lämpötiloissa -5 °C - +7 °C.

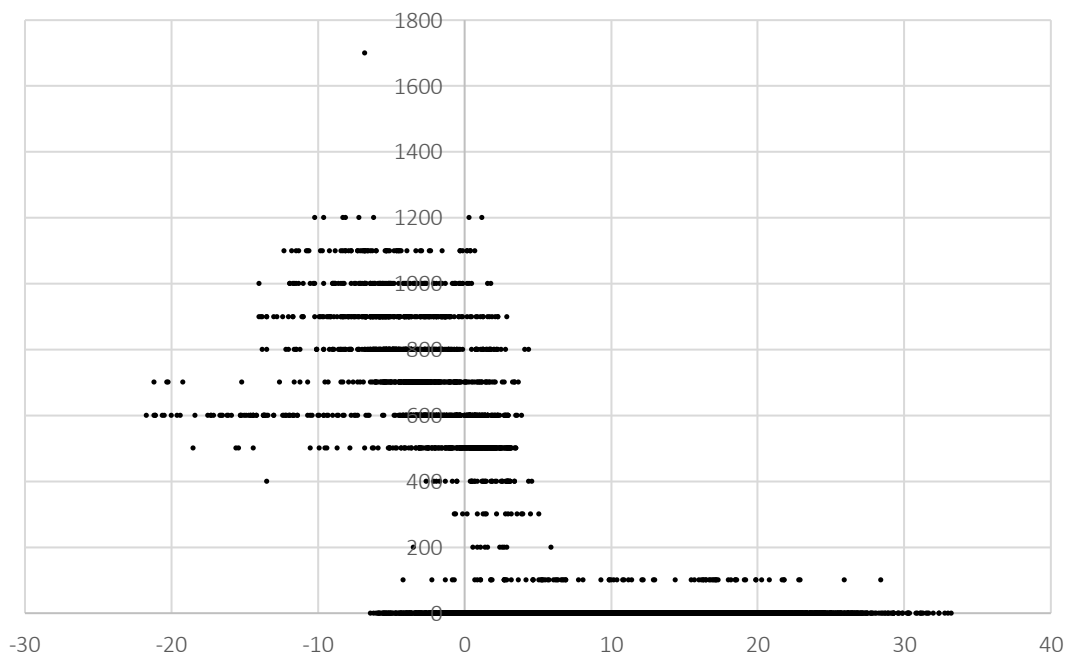
1.4 Lämmitetty jalkapallokenttä

Kuvaajassa 8 näkyy jalkapallokentän käyttötuntien keskimääräinen lämmitysteho vuonna 2019.



Kuvaaja 8. Jalkapallokentän lämmitys vuoden eri aikoina

Kuvaajasta 8 nähdään, että jalkapallokenttä on tarvinnut lämmitystä joulukuun lopusta huhtikuun alkuun. Loppuvuosi oli lämmin, joten tyypillisesti jalkapallokenttä tarvitsee lämmitystä jo aiemmin marraskuun alkupuolelta eteenpäin. Jalkapallokentän lämmitystehontarve on suuri ja hetkellisiä yli 1 MW piikkejä voi esiintyä. Kuvaajassa 9 nähdään jalkapallokentän käyttötuntien keskimääräinen lämmitystehontarve eri ulkoilman lämpötiloissa ja lumisadetilanteessa lämmönjakokeskuksen sää-
tökuvaajan mukaisesti. Energiankulutusdatasta huomattiin, että poiketen lämmönjakokeskuksen automaation toimintakuvauksesta, kenttää lämmitetään myös alle -10 °C lämpötiloissa.

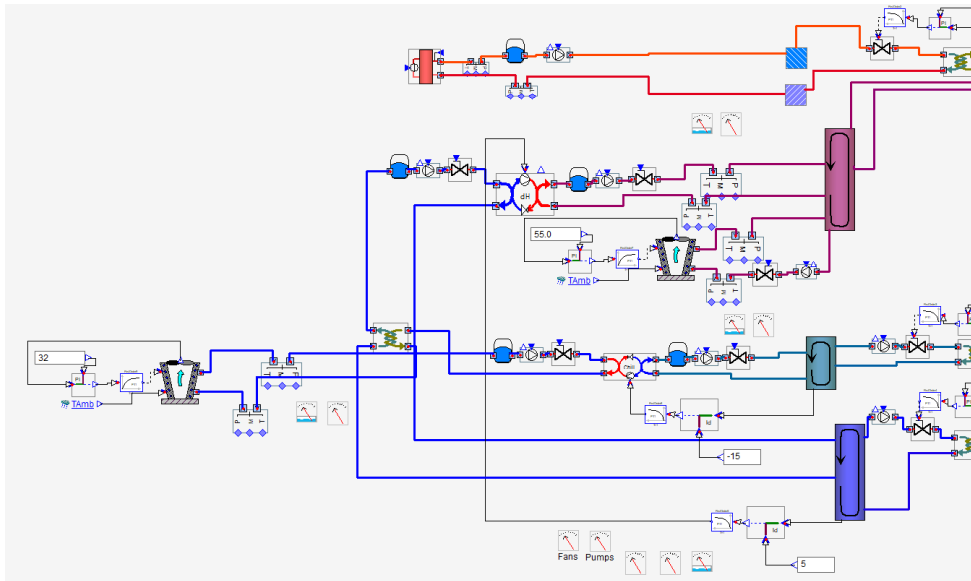


Kuvaaja 9. Jalkapallokentän lämmitystehontarve (kW) eri ulkoilman lämpötiloissa.

25.8.2020

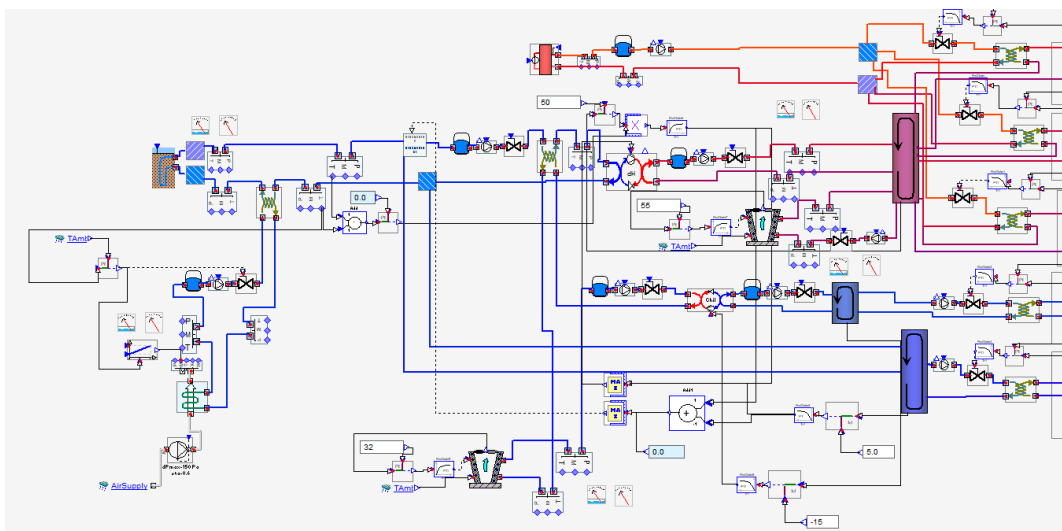
2 Energiasimuloinnit

Energiasimuloinnit suoritettiin primäärienergian tarpeiden määrittämiseksi tiedoille, joita ei voitu luotettavasti hankkia data-analyysillä. Energiasimuloinneilla tutkittiin urheiluhallin peruskorjauksen jälkeinen jäähdytysenergian tarve, jos rakennus varustetaan peruskorjauksessa tuloilman viilennyksellä. Tällöin urheiluhallista luotiin karkea malli, jota palvelevan ilmanvaihtojärjestelmän ilmamäärät vastasivat tyypillistä urheiluhallia. Energiasimuloinneilla määritettiin myös urheiluhallin katolle mahdollisten aurinkosähköjärjestelmien sekä luistelumadon lauhteen energiantuotanto. Kuvassa 4 nähdään luistelumadon hyödynnettävän lauhteen energialaskennassa käytetty IDA ICE simulointimalli, jossa luistelumadon lauhde siirretään lämmönsiirtimellä urheiluhallin vedenjäähdytyskohteelle.



Kuva 4. Mallinnettu vaihtoehto 3, jossa hyödynnetään luistelumadon hukkalämpöä.

Järjestelmävaihtoehdon 4 primäärienergioiden määrittämiseksi mallinnettiin vielä kyseisen vaihtoehdon energiajärjestelmä. Energiajärjestelmän komponenttien mitoitus ja säätötavat mallinnettiin mahdollisimman todennäköisesti, jotta järjestelmän toiminta mallissa vastaisi todellista.



Kuva 5. Mallinnettu alueellinen energiajärjestelmä.

3 Elinkaarikustannuslaskelmien lähtötiedot

Energiajärjestelmä	Yksikkö	VE 1					VE 2				
		Urheiluhalli	Jalkapallokenttä	Maauimala	Luistelumato	Yhteensä	Urheiluhalli	Jalkapallokenttä	Maauimala	Luistelumato	Yhteensä
Kulutuskohte											
Kaukolämmön sopimusteho	kW	1 400	300	500	-	-	1 100	300	500	-	-
VJK:n/LP:n teho (höyrystin/lauhdutin)	kW	-	-	-	300/450	-	400/600	-	-	300/450	-
Tarvittava lämmitysteho	kW	1 400	300	500	-	-	1 100	300	500	-	-
VJK:n laitteesta lämmitykseen otettava maksimiteho	kW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kaukolämmön mitoitus-teho	kW	1 400	300	500	-	-	1 100	300	500	-	-
Maasta otettava maksimiteho	kW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VJK:n/LP:n COP		-	-	-	2.5	-	4	-	-	-	-
Kaukolämmön hyötysuhde		0.97	0.97	0.97	-	-	0.97	0.97	0.97	-	-
Lämmitysenergia	MWh/a	1 190	1 170	1 060	-	-	960	1 170	1 030	-	-
VJK:lla/LP:llä tuotettu hyödynnettävä lämpöenergia	MWh/a	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-
Kaukolämmöllä tuotettu energia	MWh/a	1190	1170	1060	-	-	960	1170	1030	-	-
Ulkoilmasta kerätty lämpö	MWh/a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maakentästä otettu lämpö	MWh/a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jäähdytysenergia	MWh/a	0	0	0	180	-	150	0	0	180	-
VJK:lla/LP:llä tuotettu jäähdytysenergia	MWh/a	-	-	-	180	-	150	-	-	180	-
Ulkoilmaan lauhdutettu lämpö	MWh/a	-	-	-	300	-	200	-	-	300	-
Maalämpökenttä											
Kaivojen määrä	kpl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aktiivinen porausyvyys	m/kaivo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aktiivinen porausyvyys	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kaivojen väli	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lämpökaivon ominaisenergianotto	(kWh/a)/m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lämpökaivojen lämpöteho	W/m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sähköenergia	MWh/a	940	-	69	240	-	900	-	69	240	-
VJK:n/LP:n kuluttama sähköenergia	MWh/a	0	-	0	120	-	50	-	0	120	-
Aurinkosähköllä tuotettu energia	MWh/a	0	-	0	0	-	140	-	0	0	-
Ostosähkö	MWh/a	940	-	69	240	-	760	-	69	240	-
Sähkötöteho	kW	240	-	30	220	-	250	-	30	220	-

25.8.2020

Energiajärjestelmän investointikustannukset (alv 0%)											
Maalämpökenttä	Eur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aurinkosähköjärjestelmä	Eur	0	0	0	0	0	120000	0	0	0	120000
Lämpöpumput, lämmönsiirtimet ja muu LP LVI	Eur	0	0	0	0	0	125000	0	0	0	125000
Kaukolämpölaitteet	Eur	0	30000	30000	0	60000	0	30000	30000	0	60000
Jäteveden LTO	Eur	0	0	0	0	0	0	0	30000	0	30000
Siirtoputket ja kaivuut	Eur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energiajärjestelmän huoltokustannukset (alv 0%)											
Aurinkosähköjärjestelmä	Eur	0	0	0	0	0	600	0	0	0	600
Lämpöpumput, lämmönsiirtimet ja muu LP LVI	Eur	0	0	0	800	800	1250	0	0	800	2050
Kaukolämpölaitteet	Eur	300	300	300	0	900	300	300	300	0	900
Energiajärjestelmän PTS-kustannukset (alv 0%)											
Uusinnat 5 vuoden kuluttua	Eur	0	0	0	80000	80000	0	0	0	80000	80000
Uusinnat 10 vuoden kuluttua	Eur	30000	0	0	0	30000	30000	0	0	0	30000
Uusinnat 15 vuoden kuluttua	Eur	0	0	0	0	0	7200	0	0	0	7200
Uusinnat 20 vuoden kuluttua	Eur	0	30000	30000	0	60000	100000	30000	60000	0	190000
Uusinnat 25 vuoden kuluttua	Eur	0	0	0	80000	80000	0	0	0	80000	80000
Uusinnat 30 vuoden kuluttua	Eur	30000	0	0	0	30000	37200	0	0	0	37200
Uusinnat 35 vuoden kuluttua	Eur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uusinnat 40 vuoden kuluttua	Eur	0	30000	30000	0	60000	100000	30000	60000	0	190000
Uusinnat 45 vuoden kuluttua	Eur	0	0	0	80000	80000	7200	0	0	80000	87200
Energialiittymät (alv 0%)											
Kaukolämpö											
Energian yksikköhinta	Eur/MWh	62.20	64.90	44.20	0.00		62.20	64.90	44.20	0.00	
Energiamaksu	Eur/v	76 307	78 281	48 301	0	202 890	61 559	78 281	46 934	0	186 774
Vuosittainen perusmaksu	Eur/v	16 935	6 774	9 677	0	33 386	14 798	6 774	9 677	0	31 249
Sähkö											
Energiajärjestelmän uusien laitteiden etusulakkeet	A	-	-	-	-						
Arvio sähköliittymän suurentamisen lisäkustannuksesta	Eur										
Energiamaksu	Eur/MWh	38.7	38.7	38.7	38.7		38.7	38.7	38.7	38.7	
Siirto	Eur/vuosi	17172.0	0.0	2258.4	9828.0	29258.4	15756.0	0.0	2258.4	9828.0	27842.4
Sähkövero	Eur/MWh	22.5	22.5	22.5	22.5		22.5	22.5	22.5	22.5	
Kokonaissumma	Eur/vuosi	74 700	0	6 481	24 516	105 697	62 268	0	6 481	24 516	93 265

25.8.2020

Energiajärjestelmä	Yksikkö	VE 3					VE4			
		Urheiluhalli	Jalkapallokenttä	Maaumala	Luistelumato	Yhteensä	Maaumala	Luistelumato	Energiajärjestelmä	Yhteensä
Kulutuskohte										
Kaukolämmön sopimusteho	kW	1 100	300	500	-	-	-	-	1 000	-
VJK:n/LP:n teho (höyrystin/lauhdutin)	kW	400/600	-	-	-	-	-	-	400/600	-
Tarvittava lämmitysteho	kW	1 100	300	500	-	-	-	-	1 400	-
VJK:n lahteesta lämmitykseen otettava maksimiteho	kW	600	-	-	-	-	-	-	600	-
Kaukolämmön mitoitusteho	kW	1 100	300	500	-	-	-	-	1000	-
Maasta otettava maksimiteho	kW	-	-	-	-	-	-	-	430	-
VJK:n/LP:n COP		5	-	-	2.5	-	-	5	3.2	-
Kaukolämmön hyötysuhde		0.97	0.97	0.97	-	-	-	-	0.97	-
Lämmitysenergia	MWh/a	960	1 170	1 030	-	-	-	-	3 160	-
VJK:lla/LP:llä tuotettu hyödynnettävä lämpöenergia	MWh/a	270	(huomioitu UH:ssa)	0	-	-	-	-	2400	-
Kaukolämmöllä tuotettu energia	MWh/a	690	1170	1030	-	2890	-	-	760	760
Ulkoilmasta kerätty lämpö	MWh/a	-	-	-	-	-	-	-	470	-
Maakentästä otettu lämpö	MWh/a	-	-	-	-	-	-	-	885	-
Jäähdytysenergia	MWh/a	410	0	0	180	-	-	180	410	-
VJK:lla/LP:llä tuotettu jäähdytysenergia	MWh/a	410	-	-	180	-	-	180	410	-
Ulkoilmaan lauhdutettu lämpö	MWh/a	240	-	-	40	-	-	0	100	-
Maalämpökenttä										
Kaivojen määrä	kpl	-	-	-	-	-	-	-	72	-
Aktiivinen porausvyvyys	m/kaivo	-	-	-	-	-	-	-	330	-
Aktiivinen porausvyvyys	m	-	-	-	-	-	-	-	23760	-
Kaivojen väli	m	-	-	-	-	-	-	-	15	-
Lämpökaivon ominaisenergianotto	(kWh/a)/m	-	-	-	-	-	-	-	37	-
Lämpökaivojen lämpöteho	W/m	-	-	-	-	-	-	-	17	-
Sähköenergia	MWh/a	950	-	69	240	-	69	165	1640	-
VJK:n/LP:n kuluttama sähköenergia	MWh/a	100	-	0	120	-	0	45	795	-
Aurinkosähköllä tuotettu energia	MWh/a	140	-	0	0	-	0	0	270	-
Ostosähkö	MWh/a	810	-	69	240	1119	69	165	1370	1604
Sähkäteho	kW	250	-	30	220	-	30	150	350	-

25.8.2020

Energiajärjestelmän investointikustannukset (alv 0%)										
Maalämpökenttä	Eur	0	0	0	0	0	0	0	80000	60000
Aurinkosähköjärjestelmä	Eur	120000	0	0	0	120000	0	0	225000	225000
Lämpöpumput, lämmönsiirtimet ja muu LP LVI	Eur	125000	0	0	0	125000	0	0	170000	170000
Kaukolämpölaitteet	Eur	0	30000	30000	0	60000	0	0	60000	60000
Jäteveden LTO	Eur	0	0	30000	0	30000	30000	0	0	30000
Siirtoputket ja kaivuut	Eur	110000	0	0	0	110000	0	0	150000	150000
Energiajärjestelmän huoltokustannukset (alv 0%)										
Aurinkosähköjärjestelmä	Eur	600	0	0	0	600	0	0	1125	1125
Lämpöpumput, lämmönsiirtimet ja muu LP LVI	Eur	1250	0	0	800	2050	0	800	1700	2500
Kaukolämpölaitteet	Eur	300	300	300	0	900	0	0	600	600
Energiajärjestelmän PTS-kustannukset (alv 0%)										
Uusinnat 5 vuoden kuluttua	Eur	0	0	0	80000	80000	0	80000	0	80000
Uusinnat 10 vuoden kuluttua	Eur	30000	0	0	0	30000	0	0	0	0
Uusinnat 15 vuoden kuluttua	Eur	7200	0	0	0	7200	0	0	13500	13500
Uusinnat 20 vuoden kuluttua	Eur	100000	30000	60000	0	190000	30000	0	180000	210000
Uusinnat 25 vuoden kuluttua	Eur	0	0	0	80000	80000	0	80000	0	80000
Uusinnat 30 vuoden kuluttua	Eur	37200	0	0	0	37200	0	0	13500	13500
Uusinnat 35 vuoden kuluttua	Eur	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uusinnat 40 vuoden kuluttua	Eur	100000	30000	60000	0	190000	30000	0	180000	210000
Uusinnat 45 vuoden kuluttua	Eur	7200	0	0	80000	87200	0	80000	0	80000
Energialiittymät (alv 0%)										
Kaukolämpö										
Energian yksikköhinta	Eur/MWh	63.00	64.90	44.20	0.00		0.00	0.00	62.50	
Energiamaksu	Eur/v	44 814	78 281	46 934	0	170 030	0	0	48 969	48 969
Vuosittainen perusmaksu	Eur/v	14 798	6 774	9 677	0	31 249	0	0	14 097	14 097
Sähkö										
Energiajärjestelmän uusien laitteiden etusulakkeet	A									
Arvio sähköliittymän suurentamisen lisäkustannuksesta	Eur									
Energiamaksu	Eur/MWh	38.7	38.7	38.7	38.7		38.7	38.7	38.7	
Siirto	Eur/vuosi	16236.0	0.0	2258.4	9828.0	28322.4	2258.4	6924.0	24732.0	33914.4
Sähkövero	Eur/MWh	22.5	22.5	22.5	22.5		22.5	22.5	22.5	
Kokonaissumma	Eur/vuosi	65 808	0	6 481	24 516	96 805	6 481	17 022	108 576	132 079