

Ina Saarinen

# PIKKUTALOKYLÄN ENERGIAYHTEISÖ- MALLIEN JA ENERGIARATKAISUJEN KONSEPTISUUNNITELMA

Diplomityö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Professori Pertti Järventausta  
Professori Sami Repo  
Toukokuu 2022

# TIIVISTELMÄ

Ina Saarinen: Konseptisuunnitelma: Pikkutalokylän energiayhteisömallit ja energiaratkaisut  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma  
Toukokuu 2022

---

Tässä diplomityössä on tarkoitus tutustuttaa lukija pikkutaloihin, pieniin trailerin päälle rakennettuihin omakotitaloihin ja niiden mahdollisuuksiin toimia ympärivuotisena asuinrakennuksena. Toistaiseksi pikkutaloihin kohdistuvat rakentamismääräykset eivät mahdollista alle 20-neliöisten rakennusten käyttöönottoa ympärivuotiseksi asuinnoiksi. Vuonna 2024 maankäyttö- ja rakennuslaki uudistuu, minkä odotetaan muuttavan rakennuslupakäytäntöä alle 30-neliöisten rakennuksien kohdalla.

Tämän diplomityön tavoitteena oli muodostaa konseptisuunnitelmana kaksi pikkutalokylää ja niiden sisäinen energiayhteisö. Energiayhteisömalleihin ja niihin liittyvää lainsäädäntöä tarkastellaan hyödyntäen vuoden 2021 lopussa julkaistua ProCemPlus -projektin loppuraporttia, missä mm. käsitellään energiayhteisömalleja ja lainsäädäntöä. Konseptisuunnitelman yhtenä osa-alueena oli selvittää kuluttavatko pikkutalokylät energiaa tarpeeksi vähän, jotta energiayhteisön olisi mahdollista irtautua julkisesta verkosta.

Konseptisuunnitelman kaksi pikkutalokylää esitellään case-tapauksina. Molemmissa kylissä löytyy yhteistiloina toimivat saunarakennus, pyykkitupa ja harrastustila. Ensimmäisessä case-tapauksessa (Case 1) pikkutalokylä muodostetaan viidestä omistuskäyttöön suunnitellusta pikkutalosta, joista jokainen pikkutalo sijaitsee eri kiinteistöllä. Toisessa case-tapauksessa (Case 2) pikkutalokylään sijoitetaan kymmenen vuokratyökaluun suunniteltua pikkutaloa, jotka sijaitsevat kaikki samalla kiinteistöllä.

Pikkutalokylien energiantarve selvitettiin ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelmia hyödyntäen. Lämpöenergiantarpeen laskennoista kävi ilmi, että kolmen henkilön asuttama noin 14,5 neliöinen pikkutalo tarvitsee tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen 8 500 kWh vuodessa. Pikkutalokylän rakennukset ja kylän pohjakuvan on hahmotellut tämän opinnäytetyön kirjoittaja. Energiayhteisöjen sähköntuotanto suunniteltiin hyödyntäen aurinko- ja tuulivoimaa. Lämmitysjärjestelmänä Case 1 -tapauksessa käytettiin mikro-CHP-tekniikkaa ja Case 2 -tapauksessa maalämpöjärjestelmää. Molempien kylien tapauksessa tuloksista kävi ilmi, että energiayhteisöltä täytyy löytä liittäminen julkiseen sähköverkkoon. Diplomityössä ei selvitetty hetkellisten kuormien vaikutusta energiayhteisön sisäiseen verkkoon.

Case 1 -tapauksen energiayhteisömalliksi sopisi parhaiten verkollinen energiayhteisö, sillä yhteisö muodostuu useammasta eri kiinteistöstä. Verkollinen energiayhteisö tarjoaisi jäsenilleen mahdollisuuden omistaa tontin, jolle pikkutalo sijoitetaan. Energiayhteisön jäsenet maksaisivat energiayhteisön haltijalle energiasta kulutuksen mukaan ja jakaisivat yhteisten tilojen energiankulutuksesta syntyvät kustannukset. Tämänhetkinen lainsäädäntö ei kuitenkaan mahdollista verkollisen energiayhteisön toteuttamista erillisten kiinteistöjen välillä. Case 2 -tapauksessa rakennukset sijaitsevat samalla kiinteistöllä, jolloin sopivin energiayhteisömalli on kiinteistön sisäinen energiayhteisö. Energiayhteisön muodostaisi taloyhtiö, joka tarjoaa pikkutaloja vuokralle. Pikkutalojen vuokralaiset eli energiayhteisön jäsenet maksaisivat energiasta energiayhteisölle kulutuksen mukaan. Energiayhteisö huolehtisi energiayhteisön jäsenien energiankulutuksen mittaroinnista. Yhteistilojen energiankulutus jaettaisiin jäsenien kesken ja se sisällyttäisiin pikkutalojen kuukausivuokraan. Kiinteistön sisäinen energiayhteisö on mahdollista toteuttaa nykyisellä lainsäädännöllä.

Lopussa käydään läpi yhteenveto molempien case-tapauksien energiantarpeen ja -tuoton tuloksista ja pohditaan, kuinka hyvin teorian avulla selvitetty tulokset pitäisivät paikkansa todellisessa tilanteessa. Ennen yhteenvetoa esitetään mahdollisia kehitysideoita vastavirtaiseen konseptisuunnitelmaan ja siihen millaisia jatkotutkimuksia diplomityön pohjalta voitaisiin toteuttaa.

Avainsanat: energiayhteisö, energiaratkaisut, pikkutalo, pikkutalokylä, tiny house

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

# ABSTRACT

Ina Saarinen: Conceptual Design: Tiny House Village's Energy Community Models and Energy Solutions  
Master of Science Thesis  
Tampere University  
Master's degree Programme in Electrical Engineering  
May 2022

---

The purpose of this thesis is to acquaint the reader with tiny houses and their possibilities to act as year-round residential buildings. Currently, the building regulations in the Finnish building regulations of tiny houses do not allow the use of buildings of less than 20 square meters as year-round residences. In 2024, the Finnish land use and building act will be revised, which is expected to change the building permit policy for buildings of less than 30 square meters.

The aim of this thesis was to create a concept plan for two tiny house villages and to form their internal energy communities. Energy community models and legislation for energy communities will be discussed using the final report of the ProCemPlus-project, published in the end of 2021 where, for example, energy community models and legislation are discussed. One aspect of the concept plan was to find out whether the tiny house villages consume little enough energy in order to allow the energy community to disconnect from public grid.

The two tiny house villages in the concept plan are presented as case-projects. In both cases, the common areas include a sauna building, a laundry building and a building for hobbies and other activities. In the first case (Case 1), the tiny house village is formed from five tiny houses in their own properties, designed to be owned by the person living in the house. In the second case (Case 2), ten tiny houses are in the same property in the village, and all the houses are designed to be rented out by the owner of energy community.

The energy needs of the tiny house village were determined using the building regulations given by Finland's Ministry of the Environment. Calculation of heat demand showed that a tiny house of about 14 square meters and inhabited by three people needed 8 500 kWh annually to heat the premises and domestic hot water. The buildings and the floor plan of the tiny house villages have been designed by the author of this thesis. The electricity production of the energy communities was planned to be based on solar and wind power. Micro-CHP-technology was used as the heating system for Case 1, and a geothermal system in Case 2. In both cases the results showed that the energy community must have an access point to the public grid. In this thesis, the momentary loads in the internal network of the energy community were not investigated.

The energy community model in Case 1 would be best suited for a energy community having own network, because the tiny houses are located in different properties. That offers its members the opportunity to own the land on which the tiny house will be located. The members of the energy community would pay the holder of the energy community for the energy according to consumption and share the costs arising from the energy consumption of the common areas. However, the current legislation does not allow the implementation of a energy community having own network between separate properties. In case 2, the buildings are located on the same property, in which case the appropriate energy community model is the internal energy community of the property. The energy community would also be a housing association offering the houses for rent. The tenants of the tiny houses, i.e., the members of the energy community, would pay for the energy to the housing association based on to consumption. The housing association would take care of metering the energy consumption of the members of the energy community. The energy consumption of the common areas would be shared among the members and would be included in the monthly rent of the tiny houses. According to current legislation, it is possible to implement the internal energy community of the property.

In the end of this thesis, the results of the energy need, and output of both cases are summarized. It is also considered how the results determined by theory would be valid in a real-life situation. Possible development ideas for a similar concept plan are presented and possible further research carried out based on the thesis is discussed.

Keywords: energy community, energy demand, tiny house, tiny house village

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

# ALKUSANAT

Tämä diplomityö sai aiheen omasta off-grid pikkutalo-projektistani, Lilla Korianterista, jota rakennan töiden ja opintojen ohella opiskelijabudjetilla kierrätysmateriaaleja hyödyntäen. Vaikka pienen budjetin avulla voisikin rakentaa pikkuisen omakotitalon trailerin päälle niin takaako se pienet kulut myös energiakustannuksien osalta? Näillä ajatuksilla diplomityöni lähtikin muodostumaan.

Erityisesti kiitokset ohjaajalleni Pertti Järventaustalle hänen ideastaan toteuttaa diplomityöni konseptisuunnitelmana sekä hänen neuvoistaan läpi koko diplomityön. Kiitokset isäpuolelleni hänen kiinnostuksestaan ja keskusteluseurastaan työhöni liittyen. Sekä kiitokset myös tyttärelleni ja avopuolisolleni, heidän tuestaan ja kannustuksestaan läpi diplomityön ja opintojen.

Nyt vain toivotaan hyvää kesää ja voimia rakentaa Lilla Korianteri valmiiksi kesän loppuun mennessä. Ehkä jo tulevana syksynä pääsen aloittamaan energiankulutusmittaukset ja vertailemaan mitattuja arvoja tässä työssä saatuihin tuloksiin.

Kangasala, 02.05.2022

Saarinen Ina

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. TINY HOUSE – PIKKUTALO .....	3
2.1 Pikkutalot Suomessa.....	4
2.1.1 Pikkutalojen suosion kehitys Suomessa.....	4
2.1.2 Rakennuttajat ja malliesimerkit.....	5
2.2 Pikkutalokylät maailmalla .....	7
2.2.1 Tiny Tranquility .....	7
2.2.2 De Kleine Burg.....	9
2.2.3 Low Income Housing Institute .....	10
2.3 Rakentamismääräykset.....	10
2.4 Tieliikennelaki .....	12
3. ENERGIAYHTEISÖ .....	14
3.1 Energiaresurssit .....	14
3.2 Energiayhteisömallit .....	15
3.3 Mikroverkot .....	18
3.3.1 Järvenpään jakelukeskus.....	18
3.3.2 Lempäälän LEMENE –energiayhteisö.....	19
3.3.3 Mynämäen älykylä .....	20
3.4 Lainsäädäntö .....	21
4. PIKKUTALOKYLÄN MAHDOLLISET ENERGIARATKAISUT .....	24
4.1 Lämmöntuotanto ja varastointi .....	24
4.1.1 Maalämpö .....	25
4.1.2 Aurinkolämpö.....	25
4.1.3 Hiekkalämpövarasto .....	26
4.2 Sähköntuotanto ja varastointi .....	27
4.2.1 Aurinkosähkö .....	27
4.2.2 Pientuulivoimala.....	28
4.2.3 Sähkövarastot.....	28
4.3 Mikro-CHP .....	29
5. PIKKUTALOKYLÄN ENERGIATARPEEN MITOITUS.....	31
5.1 Lämmitysenergian tarve.....	31
5.2 Sähköenergiankulutus.....	38
6. KONSEPTISUUNNITELMA .....	41
6.1 Pikkutalokylän rakennukset.....	41
6.1.1 Pikkutalo .....	42
6.1.2 Saunarakennus.....	43
6.1.3 Harrastustila.....	44
6.1.4 Pyykkitupa .....	45
6.1.5 Muut tilat .....	46
6.2 Tuuliolosuhteet Kostianvirran kylässä .....	46
6.3 Auringonsäteily Kostianvirran kylässä .....	48

6.4	Case 1: Viiden pikkutalon energiayhteisö.....	48
6.4.1	Lämmitysenergian tarpeen arviointi.....	50
6.4.2	Sähköenergian tarpeen arviointi.....	53
6.4.3	Lämmitysjärjestelmän mitoitus .....	54
6.4.4	Sähköntuotannon mitoitus.....	55
6.4.5	Energiayhteisömallin valinta.....	59
6.5	Case 2: Kymmenen pikkutalon energiayhteisö.....	60
6.5.1	Lämmitysenergian tarpeen arviointi.....	61
6.5.2	Sähköenergian tarpeen arviointi.....	62
6.5.3	Lämmitysjärjestelmän mitoitus .....	63
6.5.4	Sähköntuotannon mitoitus.....	64
6.5.5	Energiayhteisömallin valinta.....	67
7.	KEHITYS- JA JATKOTUTKIMUSIDEAT .....	68
8.	YHTEENVETO.....	70
	LÄHTEET .....	73
	LIITE 1: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 3.5.....	80
	LIITE 2: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D2 (2012) TAULUKKO 1.....	81
	LIITE 3: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 5.1.....	82
	LIITE 4: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 6.2.....	83
	LIITE 5: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 6.3.....	84
	LIITE 6: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 6.3B .....	85
	LIITE 7: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 6.4.....	86
	LIITE 8: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 6.1.....	87
	LIITE 9: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D1 (2007) TAULUKKO 1.....	88
	LIITE 10: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D1 (2007) TAULUKKO 2.....	89
	LIITE 11: KOSTIANVIRRRAN KYLÄ.....	90
	LIITE 12: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D3, TAULUKKO L2.2 .....	91
	LIITE 13: CASE 1 - AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ .....	92
	LIITE 14: NIBE S1155-25.....	93

# LYHENTEET JA MERKINNÄT

<i>Cycle Life</i>	Käyttöikä
<i>LIHI</i>	Low Income Housing Institute
<i>ORC</i>	Organic Ranking Cycle
<i>PNE</i>	Polar Night Energy
<i>ProCemPlus</i>	Prosumer Centric Energy Communities towards Energy Ecosystem
<i>A<sub>huone</sub></i>	valaistavan tilan huonepinta-ala
<i>A<sub>i</sub></i>	rakennusosan i pinta-ala
<i>A<sub>ikk</sub></i>	ikkuna-aukon pinta-ala huomioiden kehys- ja karmirakenteet
<i>A<sub>netto,i</sub></i>	rakennuksen osan i lämmitetty netto-ala, jonka lämmön jakelujärjestelmä kattaa
<i>A<sub>vaippa</sub></i>	rakennusvaipan pinta-ala
<i>COP</i>	maalämpöpumpun hyötysuhde
<i>C<sub>pi</sub></i>	ilman ominaislämpökapasiteetti
<i>e<sub>tilat</sub></i>	lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus
<i>f</i>	valaistuksen ohjaustavasta riippuva ohjauskerroin
<i>F<sub>läpäisy</sub></i>	säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin
<i>g</i>	ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin
<i>g<sub>kohtisuora</sub></i>	ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaissäteilykerroin
<i>G<sub>säteily,pystypinta</sub></i>	pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti
<i>k</i>	rakennuksen käytönaikainen käyttöaste
<i>L</i>	lämmön jakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien yhteenlaskettu pituus lämmittämättömässä tilassa
<i>L<sub>lkv</sub></i>	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon pituus
<i>n</i>	henkilöiden lukumäärä
<i>η<sub>lämmitys,tilat</sub></i>	laskettavan lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde
<i>η<sub>lämmityslaitte</sub></i>	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden lukumäärä
<i>η<sub>lämpö</sub></i>	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste
<i>η<sub>lkv,siirto</sub></i>	lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde
<i>Φ<sub>henk</sub></i>	yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho, joka ei sisällä haihtumislämpöä
<i>Φ<sub>lkv,kiertohäviö,omin</sub></i>	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviö ominaisteho
<i>Φ<sub>lkv,lämmitys,omin</sub></i>	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho
<i>P<sub>lkv,pumppu</sub></i>	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon pumpun sähkömoottorin otto-teho
<i>P<sub>valaistus</sub></i>	valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti
<i>q<sub>50</sub></i>	ilmanvuotoluku
<i>Q<sub>a</sub></i>	alavaipan johtumislämpöhäviö
<i>Q<sub>aur</sub></i>	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia
<i>Q<sub>henk</sub></i>	henkilöiden luovuttama lämpöenergia
<i>Q<sub>ikk</sub></i>	ikkunoiden johtumislämpöhäviö
<i>Q<sub>iv,korvausilma</sub></i>	korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve
<i>Q<sub>iv,korvausilma</sub></i>	korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve
<i>Q<sub>jakelu,ulos</sub></i>	lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan
<i>Q<sub>jakeluhäviöt,ulos</sub></i>	lämmön jakelujärjestelmän ominaislämpöhäviö lämmittämättömään tilaan

$Q_{joht}$	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi
$Q_{joht}$	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi
$Q_{kylmäsililat}$	kylmäsiltojen johtumislämpöhäviö
$Q_{lämmitys, lkv}$	lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve
$Q_{lämmitys, tilat}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä
$Q_{lämmitys, tilat, netto}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve
$Q_{lämpökuorma}$	rakennuksen lämpökuorma
$Q_{LJ, lämmitys, lkv}$	lämmitysjärjestelmän tuottama käyttöveden lämmitysenergia
$Q_{LJ, lämmitys, tilat}$	lämmitysjärjestelmän tuottama tilojen lämmitysenergia
$Q_{lkv, kierto}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviö
$Q_{lkv, netto}$	lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve
$Q_{lkv, varastointi}$	lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö
$q_{mit}$	mitoitettu virtaama
$Q_{muu}$	johtumislämpöhäviö muihin tiloihin
$Q_o$	ovien johtumislämpöhäviö
$Q_{rakosa}$	johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi
$Q_s$	seinien johtumislämpöhäviö
$Q_{säh}$	sähkölaitteista ja valaistuksesta rakennuksen sisälle tuleva lämpökuorma
$Q_{sis, lämpö}$	lämpökuormat, jotka hyödynnetään lämmityksessä
$Q_{tila}$	tilojen lämmitysenergian tarve
$q_v, korvausilma$	korvausilmavirta
$q_v, poisto$	poistoilmavirta
$q_v, vuotoilma$	vuotoilmavirta
$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve
$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve
$Q_y$	yläpohjan johtumislämpöhäviö
$t_d$	keskimääräinen vuorokautinen käyttöaikasuhte
$T_{kv}$	kylmän käyttöveden lämpötila
$T_{lkv}$	lämpimän käyttöveden lämpötila
$t_{lkv, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöaika kuukaudessa
$T_s$	sisäilman lämpötila
$T_u$	ulkoilman lämpötila
$t_v$	keskimääräinen viikoittainen käyttöaikasuhte
$U_i$	rakennusosan i lämmönläpäisykerroin
$V_{lkv}$	lämpimän käyttöveden kulutus
$W_{kuluttajalaitteet}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus
$W_{lämmitys}$	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus
$W_{LJ, lämmitys}$	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus
$W_{lkv, pumppu}$	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus
$W_{tilat}$	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus
$W_{valaistus}$	valaistusjärjestelmän sähköenergian kulutus
$x$	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35 ja kaksikerroksisille rakennuksille 24.
$\Delta t$	laskenta jakson pituus
$\Delta t_{oleskelu}$	oleskeluaika
$\rho_i$	ilman tiheys



# 1. JOHDANTO

Ihmisten valveutuminen pienemmän hiilijalanjäljen tavoittelussa on kasvattanut uusiutuvien energioiden suosimisessa myös kiinnostusta pienempien asumispäästöjen tavoittelussa. Pienempiä asumisesta syntyviä päästöjä tavoitellaan vähentämällä lämpimän veden kulutusta, hankkimalla aurinkopaneeleita katoille sekä muuttamalla pienempiin asuntoihin. Alle 100 neliöisten minitalojen suosionkasvu on nähtävissä uusien pientaloalueiden kautta, mutta minitalojen rinnalle on syntynyt uusi vielä pienempi asuinratkaisu, pikkutalot.

Pelkästään vihreät aatteet eivät ole syy, miksi pikkutalojen suosio on kasvanut vuosien varrella. Vapaus vaihtaa maisemaa pikkutalon siirreltävyiden kautta ja mahdollisuus rakentaa oma talo ilman suurta asuntolainaa kiinnostavat erityisesti nuoria. Vuonna 2016 julkaistiin lehtiartikkeli Ylen -sivuilla silloin 24-vuotiaasta Tiina Malisesta, joka rakensi itsellensä kodin trailerin päälle. Tiina Malinen kommentoi artikkelissa pikkutaloasumista seuraavasti: *"Tässä tulee taloudellista vapautta siihen missä on, miten on ja kenen kanssa on. Ei tarvitse sitoutua tai jumittua mihinkään."* (Ruokoski, 2016). Usein pikkutalorakentaja yhdistää myös mm. kierrätys- ja ekologisen materiaalien käyttöä.

Suomalaisissa lehtiartikkeleissa nähdään pikkutaloja, joissa peseytyminen tapahtuu kantovedellä ja kodinkoneita, kuten pyykinpesukonetta ei ole. Moni pienemmästä kodista haaveileva ei välttämättä ole valmis silti luopumaan "arjen luksuksesta", vaan tahtoo kodistaan löytyvän juoksevan lämpimän käyttöveden, vesivessan ja kodinkoneita tarpeidensa mukaan. Mutta voiko pikkutalossa asuminen olla yhtään ekologisempaa pinta-alan suhteutettuna, jos pikkutalon varustelutaso on samalla tasolla kuin normaalissa omakotitalossa?

Pikkutalojen erittäin pienen pinta-alan vuoksi esimerkiksi aurinkopaneelien määrä katolla on rajallista sekä lämmitysratkaisuina maalämpö- tai mikro-CHP-järjestelmä ei ole vaihtoehtona. Lämmitys toteutetaan pikkutaloissa usein suoralla sähköllä tai kaasulla. Tähän ratkaisuna olisi muodostaa energiayhteisö useamman pikkutalon kesken. Energiayhteisö mahdollistaisi esimerkiksi lämmöntuottamisen keskitetysti suuremmalla järjestelmällä, kuten maalämmöllä. Lämmitysjärjestelmällä tuotettu lämpö jaettaisiin yhteisön jäsenien kesken. Samoin voitaisiin toimia myös sähköntuotannossa.

Energiayhteisöt ovat vielä uusi asia Suomessa. Vuoden 2021 lopussa julkaistiin energiayhteisöihin liittyvän projektin ProCemPlus -loppuraportti, jossa mm. käsitellään erilaisia energiayhteisömalleja, energiayhteisöihin liittyvää lainsäädäntöä sekä esitellään energiayhteisöjä, jotka on jo toteutettu. Diplomityössä lähdetäänkin muodostamaan konseptisuunnitelmana kaksi eri case-tapausta muodostaen kaksi erikokoista pikkutalokylää ja selvittämään niiden mahdollisuuksia toimia energiayhteisöinä. Diplomityön tutkimuskysymykset ovat:

1. Takaavatko pienemmät neliöt pienemmän energiankulutuksen?
2. Miten sähkön- ja lämmöntuotanto voitaisiin toteuttaa case-tapauksissa, niin ettei ylituotantoa syntyisi?
3. Onko mahdollista toteuttaa case-tapauksiin julkisesta verkosta irrotettava energiayhteisö?
4. Mikä energiayhteisömalli sopii case-tapauksiin ja mitä hyötyjä se tarjoaa?

Diplomityön toisessa luvussa tutustutaan teorian kautta pikkutaloihin ja niiden suosion kehitykseen Suomessa. Työssä tutustutaan Suomesta löytyviin pikkutaloratkaisuihin sekä maailmalla toteutettuihin pikkutalokyläihin. Pikkutaloihin liittyvää lainsäädäntöä käsitellään niin rakentamismääräyksien kuin tieliikennelain kannalta. Kolmannessa luvussa käsitellään energiayhteisöjä, mahdollisten energiasurssien ja energiayhteisömallien kautta. Luvussa myös tutustutaan mikroverkkoihin ja esitellään kolme mikroverkko toteutusta Suomessa. Kolmannen luvun lopussa käydään läpi nykyinen lainsäädäntö liittyen energiayhteisöihin.

Neljännessä luvussa lähdetään pohtimaan tarkemmin mahdollisia ratkaisuja toteuttaa lämmön- ja sähköntuotanto sekä varastointi pikkutalokylän energiayhteisössä. Viidennessä luvussa esitellään pikkutalokylän energiantarpeen mitoituksessa käytettävät kaaavat ja määritellään käytetyt arvot, perustuen mm. ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelmiin.

Kuudennessa luvussa paneudutaan itse konseptisuunnitelmaan, missä esitellään pikkutalokylän sijainti, pikkutalokylän rakennukset sekä sijainnin mahdollisuudet tuottaa sähköä tuulivoimalla ja aurinkosähköjärjestelmällä. Kuudennen luvun lopussa esitellään case-tapaukset, joista selvitetään niiden lämmitys- ja sähköenergian tarve, mitoitetaan lämmön- ja sähköntuotantojärjestelmä sekä päätetään niihin sopivin energiayhteisömalli.

Seitsemännessä luvussa pohditaan vastauksia tutkimuskysymyksiin sekä jatkotutkimus- ja kehitysideoita. Lopuksi kahdeksannesta luvusta löytyy yhteenveto konseptisuunnitelmasta.

## 2. TINY HOUSE – PIKKUTALO

Tiny house eli pikkutalo on siirrettävissä oleva pieni omakotitalo. Pikkutalo rakennetaan yleensä trailerin päälle. Pikkutalon kaltaisia ratkaisuja on toteutettu mm. merikontteihin, linja-autoihin sekä pakettiautoihin. Kaikkia näitä ratkaisuja yhdistää pienet asuineliöt ja siirrettävyys. Pikkutalo ja minitalo sekoitetaan usein toisiinsa. Minitaloiksi markkinoidaan usein alle 100 neliön omakotitaloja, vaikka minitalon määritelmä on maksimissaan 50 neliötä. Pikkutaloissa harvemmin ylitetään 25 neliön asuinpinta-alaa. Pikkutaloja ei kuitenkaan rakenneta vain siirrettävyyden vuoksi, vaan niiden takaa löytyy aate vihreämmästä ja taloudellisesti vapaammasta elämästä.

Yhdysvalloissa alkunsa saanut Tiny House -liike on kasvattanut suosiotaan myös Suomessa. Tiny House -liikkeen peruseriaatteina toimii yksinkertaisemman elämän, pienemmän ympäristöjalanjäljen sekä omavaraisuuden tavoittelu. Pikkutalon taloudellisiin etuihin kuuluu niin pienet lämmityskustannukset kuin heräteostosten vähentyminen, kun jokaisen ylimääräisen tavaran kohdalla täytyy miettiä tarkkaan mihin sen sijoittaa pienessä tilassa. (The Tiny Life, 2022)

Markkinoille on ilmestynyt viimeisen parin vuoden aikana useita yrityksiä, jotka tarjoavat pikkutaloja niin trailerien päälle rakennettuina kuin ilmankin. Pikkutaloja rakennetaan vapaa-ajanasunnoiksi sekä ympärivuotisiksi asunnoiksi. Pikkutalojen suosion kehitystä, rakennuttajia ja tämänhetkistä tarjontaa sekä tutustutaan allekirjoittaneen pikkutalo-projektiin luvussa 2.1. Yhdysvalloissa alkunsa saanut liike on luonut useita pikkutalokyliä ympäri Yhdysvaltoja, mutta Euroopassa pikkutalokylät ovat vielä harvinaisuus. Luvussa 2.2 tutustutaan kahteen Yhdysvalloissa toteutettuun pikkutalokylään ja yhteen pilottikohteeseen, jota toteutetaan Alankomaissa.

Talotekniikka ei eroa suuresti omakotitalosta löytyvästä tekniikasta, asiat on vain hoidettu pienemmässä mittakaavassa. Esimerkiksi pikkutaloissa harvemmin törmää yli 100 litran vesivaraajaan tai vuolukivitakkaan, mutta silti lämmin käyttövesi ja tulisija on mahdollista toteuttaa pikkutaloon. Koska pikkutalot ovat vasta rantautuneet Suomeen viime vuosikymmenellä herää usein kysymyksiä pikkutalojen rakennusmääräyksiin ja tieliikennelain määräyksiin liittyen. Pikkutaloihin kohdistuvista rakennusmääräyksistä enemmän luvussa 2.3 ja tieliikennelain rajoituksista luvussa 2.4.

## 2.1 Pikkutalot Suomessa

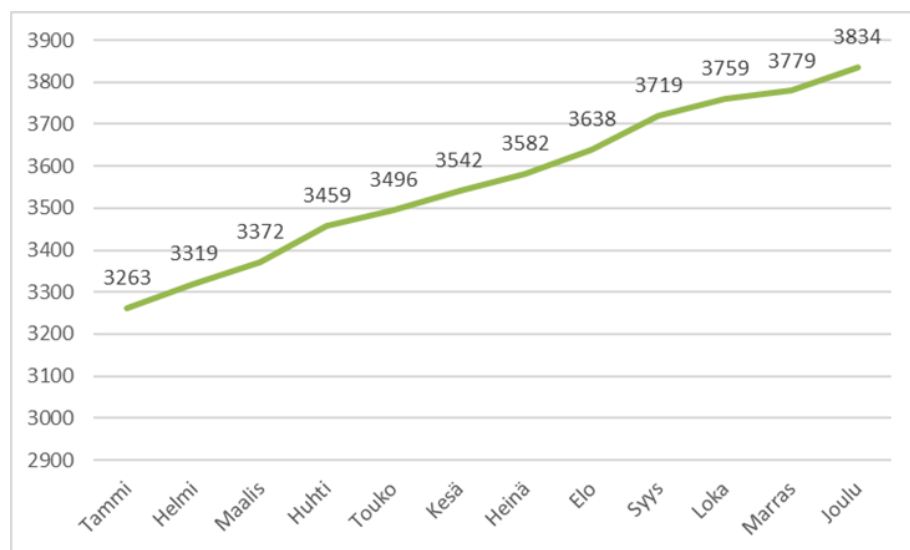
Toistaiseksi Suomesta ei löydy yhtäkään pikkutalokylää. Kiinnostus pikkutaloja kohtaan on kasvussa, mutta lainsäädännölliset seikat tuottavat tuskaa useimmille, jotka haaveilevat omasta pikkutalosta. Diplomityössä keskitytään trailerin päälle rakennettaviin ratkaisuihin.

### 2.1.1 Pikkutalojen suosion kehitys Suomessa

Kiinnostuksen kasvun pikkutaloja kohtaan voi havaita monella eri tavalla: mm. pikkutaloihin liittyvien, Suomessa näytettyjen TV-ohjelmien kuten Tiny House Hunters, Suuret pienet talot ja Tiny House, Big Living kautta. Suomeen on perustettu myös useita yrityksiä viime vuosien aikana, jotka rakentavat pikkutaloja. Mutta selkeimmin kiinnostuksen pikkutaloissa asumista kohtaan voi huomata sosiaalisen median kautta.

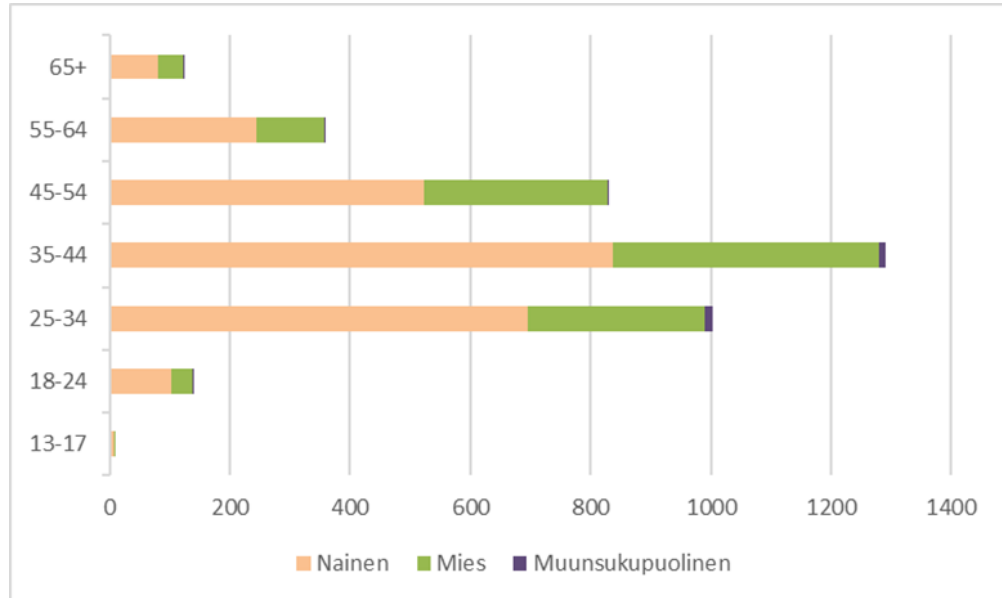
Suurin suomalainen pikkutalo Facebook-ryhmä tällä hetkellä on nimeltään Tiny house Suomi. Ryhmä luotiin vuonna 2015 ja nykyisin ryhmään kuuluu 3860 jäsentä (Tiny house Suomi, 2022). Facebook-analytiikan avulla voidaan nähdä tietoja kuluneen vuoden ajalta. Näitä tietoja ovat mm. sivun seuraajien määrä, seuraajien aktiivisuus ryhmässä sekä seuraajien iän, sukupuolen ja asuinpaikkakunnan. (Muurinen, n.d) Tiny house Suomi -ryhmän ylläpitäjä jakoi kuluneen vuoden analytiikan käytettäväksi diplomityöhön.

Kuvassa 2.1 nähdään Tiny house Suomi -ryhmän jäsenien määrän kasvun vuonna 2021. Vuoden aikana ryhmään liittyi lähes 600 uutta jäsentä. Aktiivisten jäsenien määrä ryhmässä parhaimpana päivänä kuluneen vuoden aikana oli 2027. Keskiarvallisesti aktiivisia jäseniä ryhmässä oli päivää kohden 708 ja aktiivisten jäsenien mediaaniarvo oli lähes 698 henkilöä päivää kohden.



**Kuva 2.1** Tiny house Suomi -ryhmän jäsenien määrän kasvu vuonna 2021.

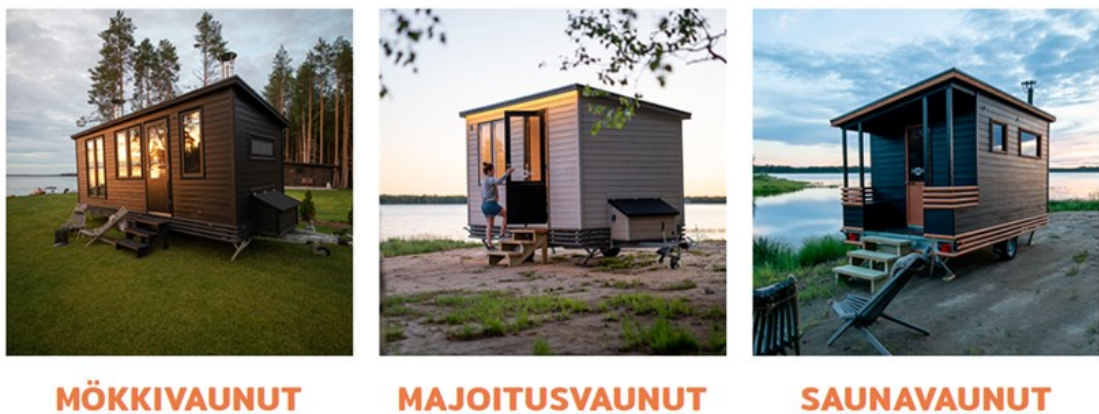
Kuvassa 2.2 on jaoteltu Tiny house Suomi -ryhmän jäsenet iän sekä sukupuolen mukaan. Kuvaajasta nähdään, että ryhmän jäsenistä lähes kolmasosa on 35–44-vuotiaita. Kuvan mukaan naiset ovat enemmän kiinnostuneita pikkutaloista kuin miehet tai muun sukupuoliset ikäryhmästä riippumatta.



**Kuva 2.2** Tiny house Suomi -ryhmän jäsenien ikä ja sukupuoli jakauma.

### 2.1.2 Rakennuttajat ja malliesimerkit

Lapelland Finland Oy on kotimainen yritys, joka valmistaa pikkutaloja trailerin päälle. Lapelland aloitti pikkutalojen valmistamisen vuonna 2019 Pyhännällä ja se työllistää yli 10 henkilöä. Vuonna 2020 osakeyhtiön liikevaihto oli noin 2,4 miljoonaa euroa ja liikevoittoa syntyi 10 000 euroa. (Proff, 2020) Lapelland valmistaa kuvassa 2.3 nähtäviä kolmea eri mallistoa ja myöntää asiakkailleensa 30 päivän tyytyväisyystakuun kaikille mallistonsa vaunuille (Lapelland, 2022).



**Kuva 2.3** Lapelland tuotevalikoima (Lapelland, 2022)

Rataskodit Oy on toinen vuonna 2019 perustettu kotimainen yritys, joka valmistaa liikuteltavia hirsivaunuja (Kuva 2.4). Hirsivaunut tehdään käsityönä Kuusamossa. Yritys valmistaa hirrestä muun muassa pikkutaloja, mökkejä ja saunoja asiakkaan toiveiden mukaan. (Rataskodit, n.d). Rataskodit Oy:n liikevaihto oli 109 000 euroa vuonna 2020 ja tilikaudella syntyi liikevoittoa 5 000 euroa (Finder, 2020).



**Kuva 2.4** Rataskodit Oy:n pikkutaloja (Rataskodit Oy, 2019–2021)

Lilla Korianteri (Kuva 2.5) on pikkutalo, jonka rakentaminen alkoi vuoden 2020 kesällä. Lilla Korianterin on suunnitellut ja rakentanut allekirjoittanut. Pikkutalon energiaratkaisut on suunniteltu niin, että se voi toimia myös irti sähköverkosta. Se on rakennettu lähes pelkästään kierrätysmateriaaleja käyttäen. Lilla Korianterin on tarkoitus valmistua asuiskuntoiseksi syksyyn 2022 mennessä. Lilla Korianterin budjetti on 10 000 euroa, sisältäen trailerin ja kaikki rakennusmateriaalit. Lilla Korianteri toimii pikkutalokylän asuinrakennuksien malliratkaisuna ja sen pohjakuvaa käytetään pikkutalokylän energiankulutuksen laskelmissa.



**Kuva 2.5** Lilla Korianteri

## 2.2 Pikkutalokylät maailmalla

Maailmalla, erityisesti Yhdysvalloissa sekä Australiassa ja Uudessa-Seelannissa pikkutalojen suosio on kasvanut räjähdysmäisesti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Yhdysvalloissa alkunsa saaneen Downshifting-aatteen motivoimana yhä useampi tavoittelee elämäntapaa, missä työntekoa ja kuluttamista vähentämällä voisi keskittyä enemmän arkisiin asioihin. Myös pienemmän hiilidioksidijalanjäljen tavoittelu motivoi muuttamaan yhä pienempiin tiloihin. Ei ole siis ihme, että pikkutalojen suosio jatkaa kasvuaan ympäri maailmaa.

Tarkkaa lukua pikkutalokyläiden määrästä ei ole, mutta Yhdysvalloista löytyy jo pelkästään useampi kymmenen pikkutalokylää. Suurin osa näistä kylistä on perustettu vain vuokrattavaksi eli tontille on rakennettu useita pikkutaloja, joita vuokrataan loma-asuntokäyttöön. Myös ympärivuotisesti asutettuja pikkutalokyläitä löytyy, joista voi vuokrata tontin omalle pikkutalolle tai vuokrata valmiiksi rakennetun pikkutalon pitkäaikaisempaan käyttöön.

### 2.2.1 Tiny Tranquility

Vuonna 2018 avattu pikkutalokylä Tiny Tranquility (Kuva 2.6) sijaitsee Oregonissa, Yhdysvalloissa. Tiny Tranquility tarjoaa pitkäaikaisia vuokratontteja pikkutaloille. Lähes kahden ja puolen hehtaarin tontilta löytyy mm. 43 vuokratonttia sekä suuri kasvihuone, aidattu koirapuisto ja yhteistilat, jotka ovat yhteisön vapaassa käytössä. (Tiny Tranquility, 2022)

Vuokratontteihin on liitetty käyttövesi, viemäri sekä 50 A sähköliittymä. Tonttien koot vaihtelevat n. 185–375 m<sup>2</sup> välillä. Tonttien ympärille on istutettu paljon kasvillisuutta tuomaan yksityisyyttä. Tonteilta löytyy myös yksi autopaikka, mutta tarvittaessa yhteiselle parkkialueelle voi ajaa toisen auton tai parkkeerata venetrailerinsa. Jokaisen vuokratontin käytössä on myös ilmainen wifi. (Tiny Tranquility, 2022)

Pikkutalojen omistaja voi myös tarjota pikkutalonsa Tiny Tranquilitylle vuokrattavaksi, jolloin Tiny Tranquility hoitaa pikkutalon lyhytaikaisen vuokrauksen markkinoinnin, ylläpidon sekä siivouksen. Pikkutalon omistaja joutuu silti maksamaan tontin kuukausi vuokran sekä 30 prosenttia lyhytaikaisen vuokrauksen tuloista. (Tiny Tranquility, 2022)





**Kuva 2.6** Maisema-arkkitehdin luonnos (Koch Landscape Architecture, 2018)



## 2.2.2 De Kleine Burg

Alankomaiden ensimmäisen pilotti-pikkutalokylän rakentaminen alkoi vuoden 2021 keuhällä. Pikkutalokylä suunniteltiin 15 pikkutalolle ja pilottijakso kestää 10 vuotta. Pikkutalokylä on sijoitettu puistoon lähelle Rotterdamin keskustaa. Kylään rakennettuja pikkutalojen ei täydy olla rakennettu trailereiden päälle, mutta niiden täytyy olla siirrettävissä. (Gemeente Rotterdam, n.d)

Kierrätysmateriaaleilla rakennetut pikkutalot tulevat olemaan irti infraverkoista (off-grid), joten pikkutaloissa asuvien täytyy kantaa itsellensä käyttövesi, turvautua kompostoiiviin käymälöihin sekä tuottaa sähkönsä itse. Kylään muuttavat henkilöt on valittu haastattelujen perusteella, ja he ovat yhdessä sopineet jokaiselle sopivan paikan puistosta. Kyläläiset tahtovat tutustua toisiinsa ja luoda yhteisöllisen ympäristön missä asua, silti taaten jokaiselle tilaa omaan yksityisyyteen. (Klapmuts, 2020)

Rotterdamin kaupungin kanssa yhteistyönä toteutettu pikkutalokylä tulee saamaan jatkoa. Kahden vuoden asumiskokeilun jälkeen onkin mahdollista, että Rotterdamiin perustetaan useita pikkutalokylä. Wageningen Yliopiston kanssa toteutetaan myös yhteistyönä puutarha De Kleinen Burgin pikkutalokylään, johon kasvatetaan syötäviä raaka-aineita yhteisön käytettäväksi. Jos kaikki menee suunnitellusti, kymmenen vuoden pilottijakson jälkeen puutarha tulee jäämään puistoon, vaikka pikkutalokylä siirrettäisiinkin pois. (Klapmuts, 2021)



**Kuva 2.7** De Kleine Burgin rakenteilla olevat pikkutalot (indebuurt Rotterdam, 2021)

### 2.2.3 Low Income Housing Institute

Pikkutalokyliä rakennetaan myös auttamaan vähäosaisia. Low Income Housing Institute (LIHI) on tukenut kodittomia ja vähätuloisia vuodesta 1990 asti. Vuonna 2013 he perustivat ensimmäisen pikkutalokylän kodittomille Seattleen, Yhdysvaltoihin. Nykyisin he tekevät yhteistyötä useiden eri yhdistysten ja yritysten kanssa toteuttaaksensa uusia pikkutalokyliä myös Seattlen ulkopuolelle. (LIHI, n.d)

Jokainen pikkutalo tarjoaa asukillensa turvallisen säältä suojatun kodin, jota teltassa asuminen ei mahdollista. Pikkutalot on varusteltu sähköliitännällä sekä lämmityksellä. Kyliin rakennetaan yhteisön käyttöön keittiö-, käymälä- ja suihkutilat sekä pyykitupa, neuvontatoimisto ja turvakota ovat yhteisön käytettävissä. Pikkutalokyliä on perustettu yhdeksän Seattleen, neljä Seattlen ulkopuolelle ja rakenteilla on vielä kaksi uutta kylää. Pikkutalojen materiaalikustannuksiin kuluu noin 4000 euroa ja rakentaminen tapahtuu vapaaehtoistyöllä (Kuva 2.8). (LIHI, n.d)



*Kuva 2.8 Vapaaehtoiset auttavat pikkutalojen rakentamisessa (LIHI, n.d)*

## 2.3 Rakentamismääräykset

Trailerin päälle rakennetuille taloille ei löydy omia rakentamista koskevia määräyksiä, mutta jos pikkutalossa tahtoo asua kokoaikaisesti, täytyy sen täyttää tietyt määräykset. Pikkutalojen suosion kasvaessa näihin määräyksiin odotetaan tapahtuvan muutoksia, että myös pienimmät pikkutalot hyväksyttäisiin virallisiksi asuinrakennuksiksi.

Vakuutuksen hankkiminen pikkutaloon voi olla myös hankalaa, koska pikkutaloa ei välttämättä luokitella taloksi eikä asuntovaunuksi. Vakuutuksista kannattaa kysyä eri vakuutustarjoajilta ja tarkastaa, mitkä heidän rajoituksensa on pikkutalojen kohdalla mahdollisen vakuutuksen saantiin.

Asuinhuoneistojen huoneistoalan vähimmäiskoko on 20 neliometriä, mutta opiskelija-asunnossa huoneistoalaksi riittää 16 neliometriä, jos yhteiset tilat sijaitsevat samassa rakennuksessa ja ovat tarpeeksi riittävät. Nämä kaksi määräystä kumoavat pikkutalojen ideaa, koska trailerin koko rajoittaa pikkutalojen huoneistoalaa. Asuinhuoneistoista täytyy löytyä tilaa mm. ruoanvalmistukseen, vapaa-ajan viettoon, vaatehuollolle sekä irtaimiston säilytykseen. (Ympäristöministeriö, 2017)

Diplomityön pikkutalokylän vaatehuolto on suunniteltu toteutettavan erillisessä rakennuksessa, kuten myös vapaa-ajan viettoon tarjotaan erillistä rakennusta käytettäväksi. Säilytystila voidaan toteuttaa pikkutalon aisan päälle rakennettavalla kylmällä säilytystilalla tai tarpeen tullen erillisellä pienellä pihavarastolla.

Jos lähdetään lähestymään pikkutaloja asuinhuoneina niin huonealan täytyy olla vähintään 7 neliometriä. Pientaloissa vähimmäishuonekorkeus on 2,4 metriä ja huonekorkeus määritellään huonealan keskikorkeudesta. Asuinhuoneen huonepinta-alan määrittelyyn ei kuulu eteinen, käytävä tai kylpyhuone. (Ympäristöministeriö, 2017).

Asuinhuoneesta on löydyttävä ikkuna, josta täytyy saada valoa vähintään 1/10 suhteessa huonealaan. Ikkunan täytyy olla myös osin avattavissa ja se täytyy suunnata niin, että auringonvaloa saadaan asuinhuoneeseen tarpeeksi. Asuinhuoneen täytyy sijaita niin, että pääikkunan edessä on vähintään 8 metriä rakentamatonta tilaa. Pientalojen kohdalla tämä voi olla myös pienempi, kunhan viihtyisyyden vaatimukset täyttyvät muuten. (Ympäristöministeriö, 2005).

Pikkutalot voitaisiin luokitella tämän mukaan asuinhuoneiksi, kunhan keskimääräinen huonekorkeus on 2,4 metriä sekä neliömetrejä kertyy 7 neliometriä, pois lukien parvet, eteinen ja kylpyhuone. Pikkutalokylään suunnitellut pikkutalot täyttävät asuinhuoneen kriteerit myös ikkunapinta-alojen suhteen ja ne asetellaan kylään vähintään 8 metrin päähän toisistaan. Pikkutaloa voisi näiden määritelmien mukaan vuokrata erillisenä asuinhuoneena asuinhuoneiston sijasta.

Koska pikkutalot rakennetaan trailereiden päälle, niitä voitaisiin kutsua asuntovaunuiksi tai siirrettäviksi rakennuksiksi. Luonnollisesti rakennuksen täytyy sijaita tarpeeksi kaukana viereisistä rakennuksista ja vesirajasta sekä naapureilta kannattaa pyytää suostumus siirrettävän rakennuksen sijoittamisesta. Lyhytaikainen sijoittaminen ei vaadi rakennuslupaa, toimenpidelupaa tai rakennusilmoitusta, mutta pitkäaikainen sijoittaminen tontille vaatii vähintään lupa-asioiden selvittämistä rakennusvalvonnasta. (K-Rauta, n.d).

Maankäyttö- ja rakennuslakiin on tulossa uudistus 01.01.2024, joka kumoaisi aikaisemmin asetetut rakentamisen pykälät. Uudistuksessa yhtenä osana on rakentamisen suju-

voittavuus, missä rakennuslupa, toimenpidelupa ja toimenpideilmoitus yhdistyisivät rakentamislupaksi. Uudistuksen myötä rakentamislupaa ei tarvitsisi hakea esimerkiksi alle 30 neliömetrin saunan rakentamiseen. (Valtioneuvosto, 2022).

Uudistuksen myötä pikkutalojen rakentaminen tontille voisi olla mahdollista ilman erillistä rakentamislupaa, kunhan tontin kaavan määräykset ja yleiset rakentamismääräykset täyttyvät. Tosin, nykyisienkin määräyksien mukaan siirreltävä pikkutalo voi olla mahdollista sijoittaa tontille ilman erillisiä lupia, kunhan sitä ei sijoiteta pitkäaikaisesti. Mitä pitkäaikainen sijoittaminen sitten tarkoittaakaan, onko se vuosi, kuukausi vai viikko? Tähän ei löydy tarkkaa vastausta, joten oman kunnan rakennusvalvontaan on oltava yhteydessä, oli luvalla tarvetta tai ei.

## 2.4 Tieliikennelaki

Jos pikkutaloja tahdotaan siirtää paikasta toiseen, niiden täytyy myös täyttää tieliikennelain määräyksiä. Pikkutaloa trailerin päällä voidaan ajatella peräkärrynä, joka kuljettaa kuormaa. Tieliikennelain osalta peräkärryyn liittyviä rajoitteita ovat kokonaismassa, leveys, korkeus, pituus sekä erityisesti traktorilla siirreltäessä valaisimet ja heijastimet. Erikoiskuljetuksia ei käsitellä diplomityössä.

Taulukossa 2.1 on esitelty B- ja BE-luokan ja B/96-yhdistelmän peräkärryn painorajoitukset. Peräkärryn vetämistä säätelee taulukon 1 mukaisesti niin ajokorttivaatimus sekä lisäksi vetoauton rekisteriotteesta löytyvä tieto, suurimmalle sallitulle perävaunumasalle. (Ajokortti-info, 2022).

**Taulukko 2.1 Peräkärryn painorajoitukset ja ajokorttiluvat**

B-luokka	BE-luokka	B/96-yhdistelmä
Vetoauto: Henkilöauto Kokonaismassa max. 3500 kg	Vetoauto Kokonaismassa max. 3500 kg	Vetoauto Kokonaismassa max. 3500 kg
Peräkärryn kokonaismassa voi olla suurempi kuin 750 kg, jos yhdistelmän kokonaismassa on alle 3500 kg.	Yhdistelmän kokonaismassa saa olla korkeintaan 3500 kg + 3500 kg.	Peräkärryn kokonaismassa saa olla yli 750 kg, kunhan ajoneuvoyhdistelmän kokonaismassa ei ylitä 4250 kg.
<i>Ei vaadi erillistä ajokorttilupaa</i>	<i>Vaatii erillisen ajokorttiluvan</i>	<i>Vaatii erillisen ajokorttiluvan</i>

Pikkutalon siirtäminen henkilöautolla on erittäin epätodennäköistä painorajoitusten vuoksi. Pikkutalon siirtäminen voidaan toteuttaa esimerkiksi lavettikuljetuksena tai traktorilla. Taulukkoon 2.2 on listattu määräyksiä, jotka täytyy ottaa huomioon, kun pikkutalo siirretään traktorilla. Taulukon 2.2 tiedot on kerätty Tapio Vesterisen kirjoittamasta artikkelista tieliikennelain uudistuksista 01.06.2020.

**Taulukko 2.2** Määräyksiä pikkutalon siirtämiseen traktorilla

Valaisimet	Heijastimet
Suuntavalaisimet, jos vetävän ajoneuvon suuntavalaisimet eivät ole selvästi näkyvissä.	Etuheijastimet, jos peräkärryn leveys on yli 2,20 metriä.
Takavalaisimet	Takaheijastimet
Sivuvalaisimet, jos perävaunua on tarkoitus vetää yli 40 km/h nopeudella ja korirakenteen pituus on yli 6,00 metriä.	<b>Traktoriyhdistelmän mitat</b>
Jarruvalaisimet, jos perävaunua on tarkoitus vetää yli 40 km/h nopeudella.	Ajoneuvoyhdistelmän pituus voi olla enintään 16,50 metriä
Etuvalaisimet, jos perävaunua on tarkoitus vetää yli 40 km/h nopeudella.	Perävaunun maksimi leveys voi olla enintään 2,60 metriä
	Ajoneuvoyhdistelmän massa voi olla enintään 36 tonnia neliakselisena.

Jos pikkutalo rakennetaan henkilöautolle suunnitellulle peräkärrylle, täytyy sen kiinnitykset tapahtua asetusten mukaisesti. Vetokuula ei saa olla jälkikäteen asennettu tai itsevalmistettu, vaan sen täytyy löytyä traktorin tyyppihyväksynnästä. Traktorilla vedettävän peräkärryn ei kuitenkaan tarvitse olla rekisteröity. (Liikenneturva, 2021).

Yhteenvetona voidaan ajatella, että pikkutalon ei kannata olla yli 2,60 metriä leveä ja sen kannattaa olla alle 4,40 metriä korkea, jotta se voidaan siirtää ilman erikoiskuljetusta. Ennen kuin pikkutaloa alkaa rakentaa, kannattaa suunnitella tahtooko siitä autolla vedettävän vai tapahtuuko pikkutalon siirto traktorilla tai lavetin päällä, sekä kuinka usein pikkutaloa on ajatus siirtää. Jos pikkutaloa on tarkoitus siirtää usein, kannattaa se suunnitella henkilöautolla vedettäväksi ja suunnitella rakennus mahdollisimman kevyeksi.



## 3. ENERGIAYHTEISÖ

Kuten lähialueella tuotettu lähiruoka, niin paikallisesti tuotettu energiakin tukee ilmastoystävällisyyttä. Energiaa voidaan tuottaa mm. sähkön ja kaukolämmön ja -kylmän muodossa. Energiaresursseja käsitellään luvussa 3.1. Energiayhteisöissä energiaresursseista saatavat hyödyt jaetaan yhteisön jäsenten kesken. Yksinkertaisimmissa tapauksissa energiayhteisö voi olla mm. kerrostalon taloyhtiö, joka päättää asentaa aurinkosähköjärjestelmän katollensa. Energiayhteisöä perustaessa on hyvä pohtia, onko se ekologinen, vastuullinen ja taloudellisesti kannattava ratkaisu.

Energiayhteisöihin liittyy usein yhteisöllisyys jäsenien kesken, mutta se riippuu, millainen energiayhteisömalli on kyseessä. Yhteisömalleja on useita, kuten kiinteistön sisäinen energiayhteisö, kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö, hajautettu energiayhteisö, sähköverkon ulkopuolinen energiayhteisö sekä laajemmat verkolliset kiinteistörajat ylittävät energiayhteisöt (Elenia, n.d). Energiayhteisömalleihin tutustutaan luvussa 3.2.

Paikallisesti tuotettua energiaa energiayhteisöissä jaetaan mikroverkossa, jota ohjataan erillisellä mikroverkon ohjausjärjestelmällä. Tämän avulla voidaan optimoida energiankäyttöä yhteisössä. Luvussa 3.3 keskitytään mikroverkkoihin ja esitellään pari Suomessa toteutettua mikroverkkoa. Energiayhteisöjen ja mikroverkkojen lainsäädäntöön liittyviä seikkoja on kirjattu luvussa 3.4.

### 3.1 Energiaresurssit

Energiaresurssit voidaan eritellä sähköresursseiksi ja lämpö- ja kylmäresursseiksi. Pikkutalokylässä tarvitaan molempia energiaresursseja. Esimerkiksi sähköresurssit koostuvat sähköntuotannosta, sähkönkulutuksesta ja sähkönvarastoinnista. Luvussa 4 tutustutaan tarkemmin energiaresurssien kykyyn toimia osana pikkutalokylän energiantuotantoa.

Tuotannon ja kulutuksen täytyy pysyä tasapainossa koko ajan, joten energiaresurssien toiminnan täytyy olla hallittua. On siis tärkeätä tietää, kuinka paljon ja koska energiaa tuotetaan ja kulutetaan. Kulutuksen ajankohtaan voidaan vaikuttaa vain niin, ettei siitä koidu haittaa asiakkaalle. Kulutusjoustoja hyödyntämällä voidaan sähkönkulutuksen ajanhetkeä siirtää otollisimpaan ajankohtaan niin sähkönkäyttäjän, energiayhteisön tai energiayhteisön kannalta. (Elenia, n.d)

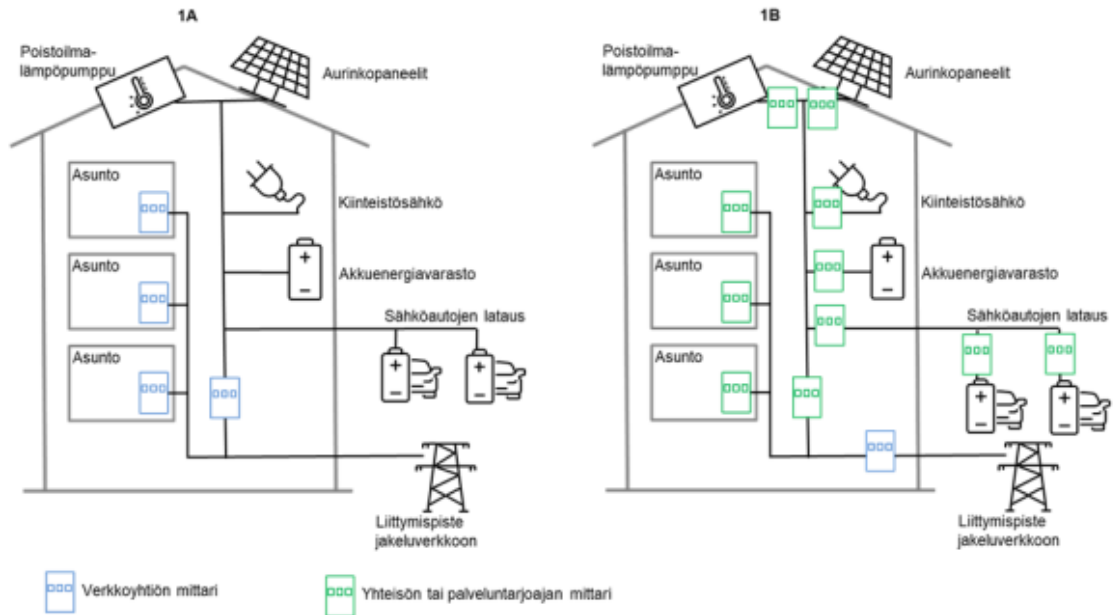
Joustavuus ja säädeltävyys ovat erittäin suuressa roolissa toimivan energiayhteisön suunnittelussa. Sähköresursseja suunniteltaessa on otettava huomioon niiden säädeltävyys. Aurinko- ja tuulivoima ei sovellut säädeltäväksi energiaresurssiksi, joten pikkutalokylän sähköresurssien lisäksi tarvitaan myös säädeltävää sähköenergiatuotantoa. Vaihtoehtoisesti säädeltävyyttä sähköresurssien osalta voitaisiin tukea akustolla tai biopolttoaineilla. Pikkutalokylän suunnittelun kannalta vesivoiman ja fossiilisten polttoaineiden käyttö ei ole ratkaisu. (Elenia, n.d)

Mikro-CHP-tekniikkaa hyödyntäen biopolttoaineiden avulla saataisiin tuotettua niin sähköä kuin lämpöä, joten se toimisi niin sähkö- kuin lämpöresurssina. Muita yleisiä lämpöresursseja eli lämmitysjärjestelmäratkaisuja ovat mm. maalämpöpumput, vesi-ilma-lämpöpumput, ilmalämpöpumput, aurinkoenergiajärjestelmät, takat ja kamiinat sekä kaukolämpöön liittyminen. Pikkutalokylän suunnittelussa oleellisin ratkaisu mikro-CHP-tekniikan lisäksi on maalämpöjärjestelmä, jonka avulla tuotettaisiin lämpöenergiaa pikkutalokylän rakennuksiin. Pikkutaloista voi löytyä lisälämmitysmuotona myös pienet tulisijat.

### 3.2 Energiayhteisömallit

Energiayhteisömallien määrittelyssä käytetään Prosumer Centric Energy Communities Towards Energy Ecosystem (ProCemPlus) tutkimusprojektikonaisuudessa luokiteltuja energiayhteisötyyppejä. Nämä energiayhteisötyypit on määritelty EU-direktiivien, lainsäädännön sekä toimijoiden roolituksien mukaisesti (Tampereen yliopisto, useita eri kirjoittajia; Tampereen ammattikorkeakoulu, useita eri kirjoittajia; VTT, useita eri kirjoittajia, 2021, s. 2). Aikaisemmin esitellyistä yhteisömalleista ja ProCemPlus tutkimusprojektissa luokitelluista energiayhteisötyypeistä saadaan rajattua kolme energiayhteisömallia, joihin tutustaan tarkemmin seuraavaksi. Nämä ovat virtuaalinen energiayhteisö, verkollinen energiayhteisö sekä kiinteistön sisäinen energiayhteisö.

**Kiinteistön sisäisessä energiayhteisössä** energiayhteisö muodostuu yhdelle kiinteistölle tai kiinteistöryhmälle. Kiinteistön sisäinen energiayhteisö voidaan jakaa kahteen eri energiayhteisötyyppiin, 1A Hyvityslaskenta ja 1B Kiinteistön sisäinen omilla mittauksilla, kuten kuvassa 3.1 nähdään. Keskitymme tässä tapauksessa vain energiayhteisötyyppiin 1B. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 20.)

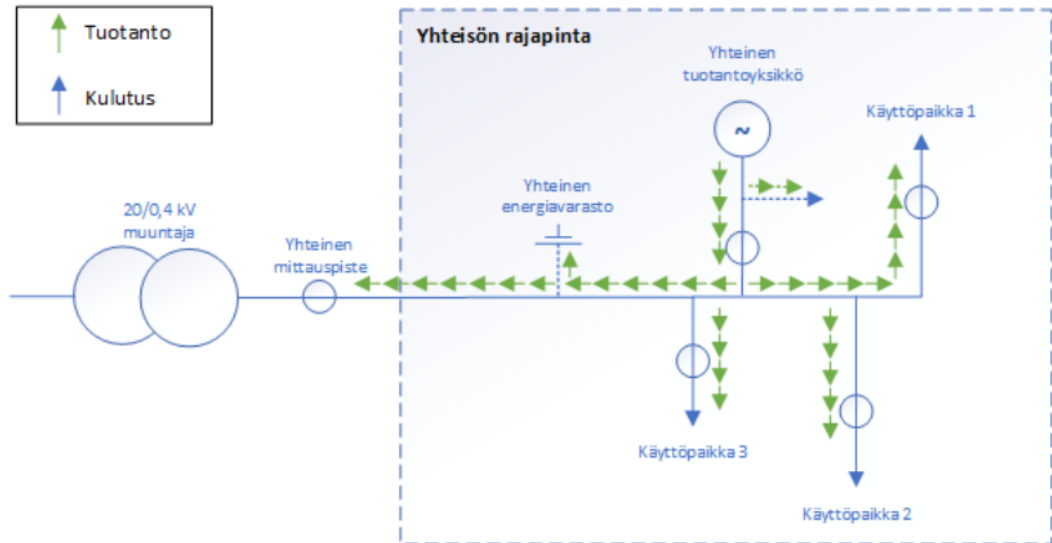


**Kuva 3.1** Energiayhteisötyypit 1A ja 1B. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 19.)

Energiayhteisötyypissä 1B energiayhteisö muodostaa yhden yhteisen sopimuksen sähkönmyyjän ja jakeluverkkoyhtiön kanssa. Saman sopimuksen alle siis kuuluvat kaikki kiinteistön jäsenet. Yhteisö itse huolehtii jokaisen jäsenen mittaroinnista ja laskuttaa jäseniään, esimerkiksi taloyhtiön yhtiövastikkeessa sovitun mukaisesti. Energiayhteisö on liitetty jakeluverkkoon yhden pisteen kautta ja lainsäädännöllisesti tämänkaltainen energiayhteisö on mahdollista toteuttaa. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 21 & 23.)

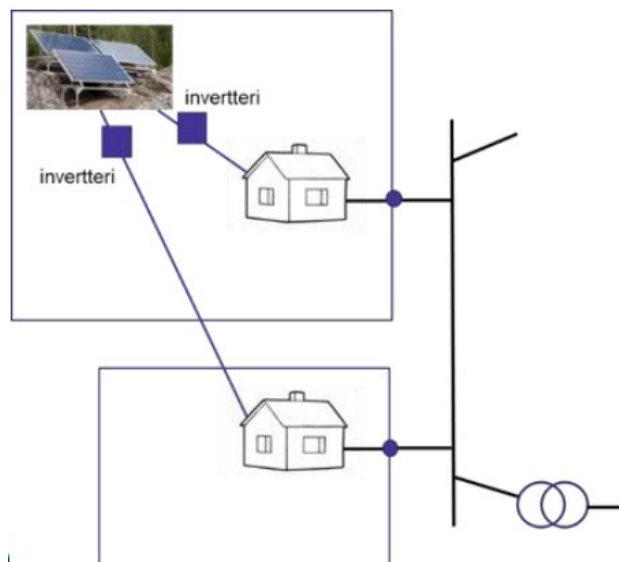
**Virtuaalisessa energiayhteisössä** yhteisö ei omista verkkoa, vaan se toimii julkisen jakeluverkon yli joko paikallisesti tai maantieteellisesti hajautettuna. Kuvassa 3.2 on esitetty paikallisesti hajautettu energiayhteisö, joka toimii julkisen jakeluverkon yli. Yhteisön kaikki jäsenet ovat yhden verkon mittauspisteen takana. Energiayhteisön sisältä voi löytyä useampi käyttöpaikka, tuotantoyksikkö sekä energiavarasto. Energiayhteisön jokainen jäsen muodostaa oman sopimuksen verkkoyhtiön kanssa, joiden kulutusta verkkoyhtiö mittaroi kuvassa 3.2 esitetyn yhteisen mittauspisteen lisäksi. Sähkönmyyjien kanssa voi sopia erilaisista vaihtoehdoista sekä sähköverotus pysyy ennallaan. Lainsäädännöllisesti järjestely on mahdollinen toteuttaa, joskin tietyt järjestelyt kaipaavat vielä myös lainsäädännöllistä tarkentamista. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 21–23.)





**Kuva 3.2** Esimerkki toteutus paikallisesti hajautetusta energiayhteisöstä. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 20.)

**Verkollisessa energiayhteisössä** yhteisö omistaa sähköverkon alueellaan ja se ulottuu useamman kiinteistön alueelle. Energiayhteisöllä on yksi liittymispiste jakeluverkkoon. Yhteisö itse laskuttaa jäseniään sisäisten energiamaksujen ja verkkotariffin kautta, joten sen täytyy itse mittaroida jäseniään. Nykyisellä lainsäädännöllä verkollisen energiayhteisön voi muodostaa vain yritysasiakkaat erillisellä luvalla. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 20–21, 23.) Kuvassa 3.2 on esitetty kiinteistörajan ylittävän linjan mahdollistama energiayhteisö, joka tuli mahdolliseksi kesällä 2021 päivitetystä sähkömarkkina- laissa (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 13)



**Kuva 3.3** Esimerkki toteutus kiinteistörajan ylittävästä energiayhteisöstä (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 21.)

### 3.3 Mikroverkot

Mikroverkot eli pienet paikalliset sähköverkot kasvattavat suosiotaan niin maailmalla kuin Suomessa. Suomi hiilineutraaliksi vuoteen 2035 on yksi Suomen hallituksen tavoitteista ja lisäämällä mikroverkkoja sekä energiavarastoja saadaan uusiutuvaa energiaa hyödynnettyä myös pientuottajilta, jolloin myös hiilijalanjälki pienenee. Julkiseen sähkön jakeluverkkoon liitettynä mikroverkoilla ja energiavarastoilla voidaan varmistaa kriittinen sähkönjakelu kantaverkon kaatumisen ajaksi mm. sairaaloihin. Mikroverkkoihin liitetyillä energiavarastoilla, voidaan tarvittaessa vakauttaa myös verkon taajuutta. (Lounasheimo, 2022)

Nykyinen lainsäädäntö velvoittaa verkkoyhtiötä ylläpitämään jakeluverkkoyhteydet säävarmoina, jonka vuoksi jakeluverkkoyhtiöt lisäävät maakaapelointia myös syrjäisille alueille. Kustannukset nousevat korkeiksi pitkien matkojen sekä hankalasti rakennettavien maastojen seurauksena. Mikroverkot voisivat olla edullisempi vaihtoehto maakaapeloinnille, erityisesti haja-asutuskyllissä missä sijaitsee maatiloja. (VTT, 2018)

Maatiloilla on itsestään potentiaalia toimia sähköntuottajina itselleen sekä lähistöllä asuville talouksille hyödyntäen esimerkiksi mikro CHP-tekniikkaa sekä aurinkopaneeleita ja akustoa. Koska nykyisen lainsäädännön vuoksi verkkoyhtiöt eivät saa omistaa omia energiavarastojaan, niin verkkoyhtiöt voisivat osallistua akustojen hankinta kustannuksiin sekä itse mikroverkon suunnitteluun ja ylläpitoon. Näin verkkoyhtiöt voisivat välttää maakaapelointivaihtoehdon haja-asutusalueilla. (VTT, 2018)

Mikroverkkoja voidaan hyödyntää suuremmissa mittakaavoissa, kuten kylissä, jotka ovat liitettynä julkiseen jakeluverkkoon tai sitten pienemmissä kohteissa, kuten saarissa, joita ei ole liitetty jakeluverkkoon. Sähkönlaadun hallinta on mikroverkoissa erityisen tärkeätä, koska pienetkin häiriöt sähkönlaadussa voivat haitata koko mikroverkon järjestelmää. Laadukkaiden ja järjestelmään sopivin inverttereiden tärkeys korostuu saareke- ja off grid-verkoissa. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 13–14.)

#### 3.3.1 Järvenpään jakelukeskus

Helmikuussa 2019 avattu Lidlin jakelukeskus on Pohjoismaiden ympäristöystävällisin jakelukeskus, joka käyttää vain uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä. Älykkään ohjausjärjestelmän ansiosta rakennuksen energiankäyttö on optimoitu. Pohjoismaiden suurimman energiavaraston ansiosta sähköä voidaan syöttää verkkoon valtakunnallisten kulutuspiikkien aikana. (Kiinteistöt Lidl, n.d)

1600 kWh:n kapasiteetin akuston lisäksi jakelukeskuksen katolle on asennettu 1600 aurinkopaneelia, joiden yhteistuotto on 500 kWp. Aurinkovoimalan sähkö ohjataan suoraan

kulutukseen, akuston lataamiseen ja myytäväksi sähköverkkoon. Päivän tuotantoa arvioidaan etukäteen sääennusteita hyödyntämällä. Schneider Electricin pilvipohjainen Exo-Struxure – arkkitehtuuri on jakelukeskuksen energianhallinnan sydän. (Pehkonen, 2019) Ainoana toimijana Suomessa, Schneiderin kiinteistöautomaation etäkäyttöpalveluilla löytyy kansainvälinen tietoturvasertifikaatti ISO 270001. (Qvick, 2021)

Microgrid Advisor toimii älykkään mikroverkon ohjausjärjestelmänä. Ohjausjärjestelmä perustuu historiadataan sekä siihen syötettyihin parametreihin. Nämä parametrit voivat sisältää tietoa säästä, kuten lämpötilaennusteista, sähkön sekä kaukolämmön hinnoista tai kolmannen osapuolen välittämistä tiedoista, kuten Fingridin pyynnöstä osallistua kysyntäjoustomarkkinoille. (Pehkonen, 2019)

Microgrid Advisorin ansiosta myös lämpöenergian käyttöä voidaan ohjata. Kylmälaitteiden ja -järjestelmistä talteen otettavalla lauhdelämmöllä voidaan lämmittää jopa 500 järvenpääläisen omakotitalon käyttövesi. Yli 70 prosentin energiasäästöä tavoittelevaan jakelukeskuksen investointien arvo on 100 miljoonan euron suuruusluokkaa. (Pehkonen, 2019; Projektiutiset, 2017)

### **3.3.2 Lempäälän LEMENE –energiayhteisö**

Vuonna 2017 työ- ja elinkeinoministeriö myönsi kärkihanketukea Lempäälässä sijaitsevalle LEMENE-hankkeelle. Hanke valmistui vuonna 2019. Hankkeen avulla toteutettiin omavaraisesti toimiva älykäs energijärjestelmä, jonka avulla energiayhteisö voi irtautua valtakunnan verkosta ja toimia itsenäisesti saarekekäytössä. (Lempäälän Energia, n.d)

Marjamäen teollisuusalueelle sijoitettu mikroverkko koostuu 1,6 MW:n akkuvarastosta, kahdesta 2 MW aurinkopaneelikentästä, kuudesta kaasumoottorista, joiden kokonaisteho on 8,1 MW, kahdesta polttokennosta, joiden kokonaisteho on 130 kW sekä yhdeksän kilometrin 20 kV sähköverkosta. Biokaasua ja CHP-teknologiaa hyödyntäen teollisuusalueella tuotetaan sähköä ja sähköntuotannosta syntyvä lämpö syötetään kaukolämpöverkkoon. (Lempäälän Energia, n.d)

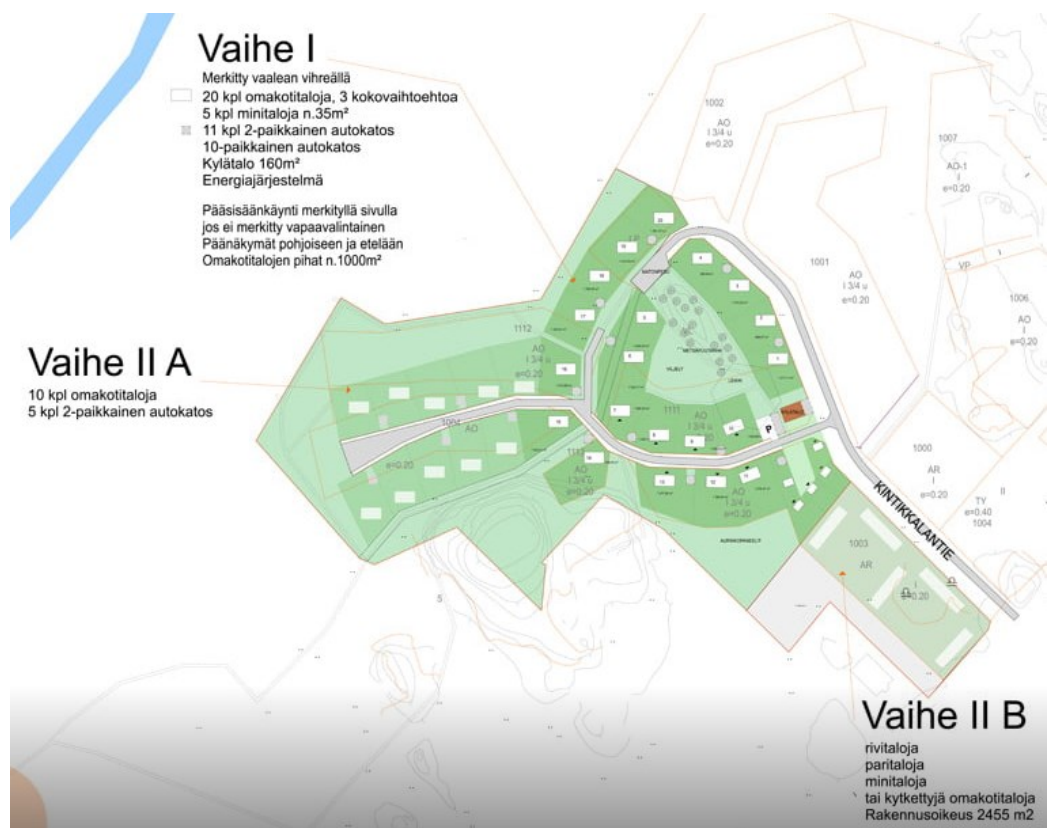
Mikroverkon ohjausjärjestelmänä toimii Siemensin Microgrid Controller – järjestelmä. Sen avulla voidaan tasapainottaa tuotantoa ja kulutusta. Siemensin DEMS-virtuaalivomalaisjärjestelmän avulla energiayhteisö voi myös osallistua kysyntäjoustomarkkinoille sekä teollisuusalueelle tulevat uudet toimijat voidaan liittää osaksi energiayhteisön hajautettua energijärjestelmää. (Siemens, n.d)

Kuntarahoitus on myöntänyt rahoitusta LEMENE-hankkeelle 9,7 miljoonaa euroa ja hankkeen selvitystyötä rahoittamassa on ollut Pirkanmaan liitto. Työ- ja elinkeinoministeriö myönsi 4,74 miljoonan euron arvoisen tuen (Lempäälän Energia, n.d). Vuonna 2021

hankkeen tavoite toimia suljettuna sähköverkkona hylättiin. Hanke voi vielä saavuttaa kärkihankkeen tavoitteen, kun sähkömarkkinalaki uudistuu. (Lempäälän Energia, 2021)

### 3.3.3 Mynämäen älykylä

Mynämäen älykylä on maailman ensimmäinen rekisteröidyn Älykylä-konseptin mukainen asuinalue (Mäkinen-Önsöy, 2021). Älykylän ensimmäisen rakennusvaiheen arvioidaan alkavan keväällä 2022 (Kuva 3.4). Älykylän keskiössä on yhteisöllisyys, rakennusten innovatiiviset energiaratkaisut, ekologisuus, hiilineutraalisuus ja pyrkimys omavaraisuuteen aurinkoenergiaa ja muita uusiutuvia energiaratkaisuja hyödyntäen. (Rakentaja.fi, 2021).



**Kuva 3.4** Mynämäen rakennusvaiheet ja alueluonnos (Kerovuori, 2021).

Älykylään suunnitellaan rakennettavaksi matalalämpöverkko, joka mahdollistaisi aurinkolämmön kausivarastoinnin maaperään. Lämpövarastot pyritään suunnitella niin, että niistä riittäisi lämpöä koko talven yli. Älykylässä myös panostetaan älyteknologiaan kotien teknisissä ratkaisuisa, jolloin asumisesta tulee laadukkaampaa ja energiankulutuksen seuraamisesta helpompaa. (Laurila, 2021).

Älykylän asuinaluekonseptin hyötyihin kuuluu mm. energiaomavaraisuus ja puhdas energia, alueellinen lämmön ja sähkön jakelu, energian kausivarastointi sekä hiilineutraalisuus. Asukkaiden ei tarvitse hankkia henkilökohtaista asuntolainaa, vaan he tekevät

vuokrasopimuksen älykylän kanssa. Vuokrasopimukseen sovitaan sopiva vuokra, joka mahdollistaa edullisemman asumisen sekä vuokrasopimus mahdollistaa älykylästä pois muuttamisen helpoksi. Kunnalle Älykylä-konsepti tarjoaa mm. uusia asukkaita sekä imagollista hyötyä. (Älykylä.fi, 2020).

### 3.4 Lainsäädäntö

Energiayhteisöä perustaessa on otettava huomioon lainsäädännön asettamat rajoitteet. Valtioneuvoston asetuksen 1133/2020 mukaan paikallisella energiayhteisöllä tarkoitetaan oikeushenkilöä, joka tarjoaa energiapalveluita jäsenilleen tai osakkailleen. Paikallinen energiayhteisö muodostuu useammasta asiakkaasta. Energiayhteisöltä löytyy yksi yhteinen liittymä jakeluverkkoon ja jäsenten tai osakkaiden sähkökäyttöpaikkojen sähkön mittauksista vastaa jakeluverkonhaltija. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 23.)

Energiavirasto on määritellyt vuonna 2015 antamassaan lausunnossaan kiinteistöryhmäksi saman tahon omistuksessa olevat toisiinsa rajoittuvat kiinteistöt. Energiaviraston määrittelemän kiinteistömuodostamislain 544/1995 mukaan kiinteistö on itsenäinen maanomistuksen yksikkö, joka on merkitty valtakunnalliseen kiinteistörekisteriin, johon täytyy sisältyä energiayhteisöjen kannalta oleellisina kohteina tilat ja tontit. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 23.)

Sähkömarkkinalain 588/2013 mukaan loppukäyttäjä on asiakas, joka ostaa sähköä omaan käyttöönsä. Energiatehokkuuslain 1429/2014 ja laki energiatehokkuuslain muuttamisesta 787/2020 mukaan loppukäyttäjä on henkilö tai oikeushenkilö, jolla ei välttämättä löydy sopimussuhdetta energian tai lämpimän käyttöveden toimittajan kanssa, mutta samojen lakien mukaisesti loppuasiakas on henkilö tai oikeushenkilö, joka ostaa sähkön omaan käyttöönsä. Asunto-osayhtiölain 1599/2009, 4§ mukaan taloyhtiö on oikeushenkilö, joten lain 787/2020 varjolla voidaan todeta, että taloyhtiötä voidaan kutsua loppukäyttäjäksi. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 23–24.)

Taloyhtiö voi siis toimia paikallisen energiayhteisön oikeushenkilönä, joka voi mm. tuottaa sähköä osakkaillensa. Taloyhtiö osakkaineen muodostaa aktiivisten asiakkaiden ryhmän, missä taloyhtiö toimii loppukäyttäjänä. Oleellisinta on, että loppukäyttäjien sähkökäyttöpaikat sijaitsevat samalla kiinteistöllä tai kiinteistöryhmällä ja ne on liitetty jakeluverkkoon yhteisellä liittymällä. Jakeluverkko vastaa loppukäyttäjien sähkökäyttöpaikkojen sähkön mittauksista. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 23–24.)

Energiayhteisön liittymispisteen toteutukseen ei löydy selkeitä määrityksiä säädöksiin ja velvoittavien ohjeiden väliltä. Liittymispisteen toteutus täytyy selvittää tilannekohtaisesti varmistaen, että Energiaviraston, Energiateollisuus ry:n ja maankäyttö- ja rakennuslain

määritykset toteutuvat sekä sähköturvallisuus on huomioitu. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 24.)

Sähköturvallisuusviranomaisen (TUKES) mukaan energiayhteisön sisäinen sähköverkko voidaan määritellä kiinteistöverkoksi, jolloin kyseessä ei ole enää jakeluverkko. Tällöin sähköverkkoa koskee kiinteistön sähköverkon säädökset. Tosin edellytyksenä, että verkko voidaan määritellä kiinteistöverkoksi, täytyy energiayhteisön eri kiinteistöjen kuulua saman haltijan omistukseen. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 25.) Tukesin ja Sähköturvallisuuslain määrittelemiä turvallisuuteen liittyviä standardeja ja asetuksia on lueteltu taulukossa 3.1.

**Taulukko 3.1 Sähköturvallisuuslain määrittelemiä standardeja ja asetuksia.**

Sähköturvallisuuslaki	Tukes	
1135/2016	Turvallisuus standardi luettelo: S10-2019	
Johdetut asetukset:	Standardit:	Sähköjärjestelmän toiminnallisuuden standardit:
1434/2016	SFS 6000 (2017)	SFS-6008-1 SFS 6008-2
1436/2016	SFS 6001 (2018)	
1437/2016	SFS-EN IEC 62485-2 (2018)	

Sähköturvallisuuslaissa 1135/2016 ei tosin määritellä selkeästi, miten energiayhteisöjen tapauksessa liittymisteho määritellään. Tämä vaikuttaa siihen, mikä energiayhteisön sähkölaitteistoluokka on ja velvoitetaanko energiayhteisöä sähkölaitteistojen määräaikaistarkastuksiin tai tarvitseeko käytönjohtajaa nimetä järjestelmälle. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 26.)

Energiayhteisön kulutuksen seuraaminen toteutetaan mittaroinnilla. Mittarointi on oleellista energiatehokkuuden ja kulutuksen seuraamisen kannalta. Taloyhtiön tapaisessa energiayhteisössä mittaroinnin avulla yhteisön jäseniä voidaan veloittaa kulutuksen mukaan, eikä esimerkiksi yhtiövastikkeessa osakemäärien mukaan määriteltynä. Energiayhteisössä mittarointi täytyy toteuttaa loppukäyttäjäkohtaisesti sähkön ja käyttöveden laskutuksen kohdalla, mutta kaukolämmön tai kaukojäähdytyksen osalta laskutus voidaan toteuttaa jäsenen osakemäärien mukaan. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 28.)

Valtioneuvoston asetuksessa VNa 767/2021 jää epäselväksi, miten sähköntoimituksen ja mittauksen säädöstä sovelletaan usean rakennuksen kiinteistössä tai kiinteistöryhmässä. Asetuksen luvussa 6 2§ määritellään, että sähkönkulutusta mittaava mittauslaitteisto täytyy löytyä sähköverkkoon liitetystä sähkönkäyttöpaikasta tai sähkönkäyttöpaikoista. Myös sähköntuotantolaitteisto tulee varustaa sähkönmittauslaitteistolla, jos se syöttää sähköä sähköverkkoon. Luvussa 6 12§ määritellään, että mittauslaitteisto täytyy löytyä jokaisesta asuin- ja liikehuoneistosta, jos sähköä myydään sähkönkäyttäjälle kiinteistön sisäisen sähköverkon kautta. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 29.)

Energiatodistuksen E-luvun laskenta on erittäin hankalaa energiayhteisöjen kohdalla, erityisesti jos energiayhteisö koostuu useasta erillisestä rakennuksesta, koska E-luku lasketaan rakennuskohtaisesti eikä koko kiinteistölle. E-luku muodostuu rakennuksen laskennallisesta ostoenergiankulutuksesta, johon paikallinen omatuotanto vaikuttaa energialähteiden energiakertoimien vuoksi. Ympäristöministeriön asetuksessa YMa 1010/2017 ostoenergia määritellään laskettavaksi sähköjakeluverkosta, kaukolämpöverkosta, kaukojäädätysverkosta ostettavasta energiasta tai muun polttoaineen sisältämästä energiasta. (Tampereen yliopisto ym., 2021, s. 26–28.)

## 4. PIKKUTALOKYLÄN MAHDOLLISET ENERGIA-RATKAISUT

Pikkutalokylän lämpöenergian tarve voidaan tuottaa maalämpöä, aurinkolämpöä ja/tai bioenergiaa hyödyntäen. Luvussa 4.1 tutustutaan lähemmin maalämpöön ja aurinkolämpöön lämpöenergian tuotannossa sekä lämpöenergian varastointiin hiekka-akkujen avulla. Luvussa 4.2. tutustutaan sähköntuotantoon pientuulivoimalan ja aurinkosähkön osalta sekä sähkövarastointiin sähköakuilla.

Luvussa 4.3. keskitytään mikro-CHP-tekniikkaan ja esitellään pilotti-hybridimoduuli, jossa hyödynnetään mikro-CHP-tekniikkaa sekä aurinkoenergiaa. Bioenergiaa on liitetty osaksi lukua 4.3. Bioenergian osalta käsitellään eri polttoainetyypit ja niiden käyttökohdet. Jokaisen energiaratkaisun (*pl. bioenergia*) käyttöikä, takaisinmaksuaika ja lupa-asioihin liittyviä huomioita voi nähdä lämmöntuotannon ja varastoinnin osalta taulukosta 4.1 ja sähköntuotannon ja varastoinnin osalta taulukosta 4.2.

### 4.1 Lämmöntuotanto ja varastointi

Lämmöntuotannon keskiössä on uusiutuville energioilla ja vähähiilisesti toteutetut järjestelmät. Maalämpö ja aurinkolämpö ovat molemmat käyttöikänsä pitkäikäisiä järjestelmiä. Takaisinmaksuaika on hyvin riippuvaista kohteen sijainnista, järjestelmän kokonaiskustannuksista sekä sähkön markkinahinnasta. Lupa-asioissa otetaan yhteyttä oman kunnan rakennusvalvontaviranomaiseen ja luvat selvitetään tapauskohtaisesti.

Lämpöä voidaan varastoida matalalämpöverkkoon, suuriin vesivaraajiin, lämpökaivoihin sekä uusiutuvaan lämpövarastointimuotoon, hiekkalämpövarastoihin. Hiekkalämpövarastot ovat uusi lämpöenergian varastointimuoto, joten sen takaisinmaksuajoista ei ole toistaiseksi tietoa saatavilla. Taulukossa 4.1 on esitelty tarkemmin tulevissa luvuissa käsiteltävien lämmöntuotannon ja varastoinnin käyttöikä, takaisinmaksuaika ja lupa-asiat.

**Taulukko 4.1** Lämmöntuotanto ja varastointi (Eerola, 2017; PNE, 2019; Motiva, 2020; Maalampo.fi, n.d; Talotekniikka info, n.d; Techeat, n.d.)

	Maalämpö	Aurinkolämpö	Hiekkalämpövarasto
Käyttöikä	Maalämpöpumppu noin 20 vuotta	Ohjauyksikkö ja paisunta-astia noin 15 vuotta	Kymmeniä vuosia
	Kompressori noin 15-20 vuotta	Muu järjestelmä noin 30 vuotta	
Takaisinmaksuaika	5-10 vuotta	n. 10 vuotta	Ei tietoa
Lupa-asiat	Kunnan rakennusvalvonnasta haetaan toimenpidelupaa maalämpökaivon asentamiseen.	Lupakäytännöt vaihtelevat kohteen mukaan. Lupa-asiat täytyy tarkastaa oman kunnan rakennusvalvonnasta.	Lupa-asiat täytyy selvittää tapauskohtaisesti oman kunnan rakennusvalvonnasta.



Oikein mitoitettuna maalämpöjärjestelmä voi maksaa itsensä takaisin jo 5 vuodessa kun taas aurinkolämpöjärjestelmä maksaa itsensä takaisin vasta noin 10 vuodessa. Käytöikä järjestelmien eri komponenteilla vaihtelee 15 vuodesta jopa 30 vuoteen. Jokaisen järjestelmän osalta lupa-asiat täytyy tarkastaa oman kunnan rakennusvalvonnasta.

#### **4.1.1 Maalämpö**

Maalämpöpumppu ei olisi oikea ratkaisu yhden pikkutalon lämmittämiseen, koska yleinen nyrkkisääntö on, että mitä suurempi asunto niin sitä parempi kannattavuus maalämpöpumpulla on. Mutta useamman pikkutalon ja yhteisön yhteistilojen lämmöntuotantomuotona se voisi olla kannattava hankinta. Tosin on tärkeitä muistaa, että maalämpöpumppu kuluttaa sähköä lämmöntuottamiseen.

Maalämpöpumpulla voidaan lämmittää asunnot joko vesikiertoisen patteriston tai lattialämmityksen kautta sekä maalämpöä voidaan käyttää myös käyttövedenlämmitykseen. Jos maalämpöpumpun lämmönkeruuverkostona toimii porakaivo, voidaan sitä käyttää myös huonetilojen viilennykseen. (Motiva, 2012).

Lämpöpumpulla tuotettua energiaa voidaan periaatteessa kutsua uusiutuvaksi energiaksi, jos sen lämpökerroin on 3 tai sitä suurempi, ja sähkö, jonka lämpöpumppu käyttää on tuotettu uusiutuvalla energialla. Kovien pakkasten aikana osatehomitoitettu lämpöpumppu kuluttaa enemmän sähköä, joten sen rinnalle suositellaan tulisijaa. Erillinen tulisija maalämpöpumpun rinnalla myös takaa lämmöntuotannon mahdollisten sähkökatkosten aikana. (Motiva, 2012).

#### **4.1.2 Aurinkolämpö**

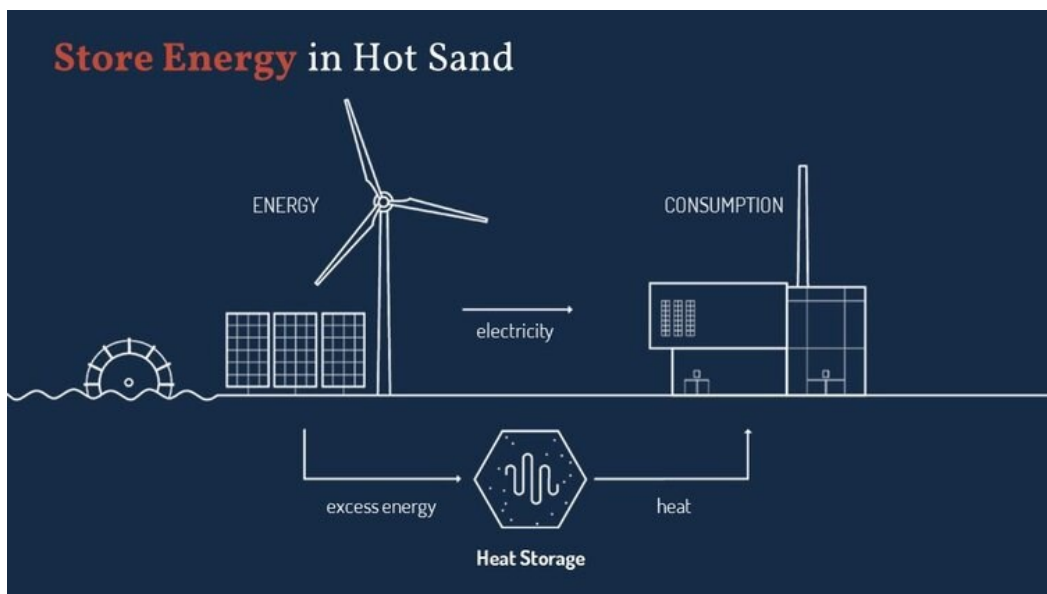
Aurinkolämpöä voidaan hyödyntää passiivisesti sekä aktiivisesti. Passiivisessa ratkaisussa auringosta saatavaa lämpöä hyödynnetään ilman erillistä laitteistoa, kun taas aktiivisessa ratkaisussa auringosta saatava lämpöenergia kerätään talteen aurinkokehäimillä. Passiivisessa ratkaisussa itse rakennus toimii lämpövarastona, kun taas aktiivisessa ratkaisussa lämpövarastona käytetään yleisesti käyttövesivaraajaa tai vaihtoehtoisesti lämpö voidaan varastoida lämpökaivoihin. (Motiva, 2020).

Passiivisen aurinkoenergian hyödyntäminen täytyy ottaa jo rakennuksen suunnittelu vaiheessa huomioon. Talon ikkunapinta-alojen suuntaaminen etelään, tuulelta suojaaminen sekä muiden talojen aiheuttamat varjostukset vaikuttavat auringosta saatavaan lämpöön. Kesäisin ikkunoiden suojaaminen esimerkiksi kaihtimien avulla vähentää viilennyksen tarvetta. Aurinkoenergiaa voidaan varastoida mm. ikkunoiden vastaisella tiiliseinällä, jonka aurinko lämmittää päiväsaikaan ja yöllä seinä luovuttaa lämpöä sisätiloihin. (Motiva, 2020).

Aurinkolämpöjärjestelmät toimivat aktiivisen aurinkoenergian talteenottajina. Järjestelmä voidaan liittää osaksi muita lämmitysjärjestelmiä. Aurinkokeräinjärjestelmät suunnitellaan usein lämmittämään puolet käyttöveden energiamäärästä, mutta kerättyä lämpöä voidaan hyödyntää myös lattialämmitykseen. (Motiva, 2020). Suomen talven olosuhteet huomioon ottaen, aurinkokeräinjärjestelmä ei ole otollisin lämmöntuotantojärjestelmä rakennuksien lämmittämiseen.

### 4.1.3 Hiekkalämpövarasto

Sähköakkujen rinnalle on nousemassa uusi energian varastointiratkaisu, Polar Night Energyn (PNE) hiekka-akut. Hiekka-akut mahdollistavat ylimääräisen tuotannon aurinko- ja tuulienergiasta varastoitavaksi lämpöenergiaksi. Ylimääräisellä sähköenergialla lämmitetään sähkövastuksia, jotka lämmittävät ilmaa, joka kulkee hiekkaan upotetussa putkistossa (Kuva 4.1). Hiekkavarasto voidaan rakentaa maan pinnalle tai maanalle. (Hollmén, 2021).



**Kuva 4.1** Hiekkalämpövarastojen toimintaperiaate (PNE, 2021)

Energiavarastoissa lämpöä voidaan säilyttää tunneista kuukausiin, joten kesäisin aurinkojärjestelmistä tuotettu ylimääräinen sähköntuotanto mahdollistaa lämmityksen saannin pitkälle syksyyn. Hiekkavarastoihin säilöttyä lämpöenergiaa voidaan periaatteessa kutsua vihreäksi energiaksi, jos sen lämmittämiseen käytetty sähköenergia on tuotettu uusiutuvilla energialähteillä. (PNE, 2019).

## 4.2 Sähköntuotanto ja varastointi

Sähköntuotannon määrän arviointi tuuli- ja aurinkoenergialla on hyvin haasteellista muuttuvien sääolosuhteiden vuoksi. Järjestelmien takaisinmaksuaikaa ei voi määritellä kovin tarkasti etukäteen, mutta järjestelmän olisi hyvä maksaa itsensä takaisin ennen kuin sen käyttöikä loppuu. Sähkövarastojen kohdalla pelkkä takaisinmaksu ei ole oleellinen, vaan myös saarekekäyttöisissä energiayhteisöissä sähkövarastot mahdollistavat verkosta irtautumisen syöttävän verkon vikatilanteissa ainakin lyhyeksi ajaksi.

Taulukossa 4.2 on esitelty tulevissa luvuissa käsiteltävien sähköntuotanto ja sähkövarastojen käyttöikä, takaisinmaksu sekä lupa-asiat.

**Taulukko 4.2 Sähköntuotanto ja varastointi** (Väre, 2020; Motiva, 2021; Helen, n.d; Suomen Tuulivoimayhdistys, n.d; Tukes, n.d.)

	Pientuulivoimala	Aurinkosähkö	Sähkövarasto
<b>Käyttöikä</b>	Komponenttien laatu vaikuttaa käyttöikään vahvasti	Aurinkopaneelit noin 25-30 vuotta Invertteri noin 15 vuotta	Riippuu mm. akun tyypistä (Lithium/AGM/Lyijyakku) sekä lataus-purku-sykliden määrästä.
<b>Takaisinmaksuaika</b>	Riippuu tuuliolosuhteista	5-20 vuotta	Riippuu mitoituksesta
<b>Lupa-asiat</b>	Tarvitsee joko rakennusluvan tai toimenpideluvan oman kunnan rakennusvalvonnasta. Asemakaava ja yleiskaava MRL 77a§ voivat vaikuttaa suoraan luvan saantiin. Mahdollisesti vaaditaan myös ympäristölupa.	Lupakäytännöt vaihtelevat kohteen mukaan. Lupa-asiat täytyy tarkastaa oman kunnan rakennusvalvonnasta.	Sähkövarastojen toteutukseen ei löydy vielä ohjeita tai standardeja Suomessa. Sähkövarastojen rakentamista valvoo rakennusvalvontaviranomainen.

Pientuulivoimalaa suunniteltaessa täytyy selvittää lupa-asiat ennen järjestelmän hankkimista. Vaikka asemakaavan ja yleiskaavan puolesta lupa olisi mahdollista saada, voi naapurien mielipide vaikuttaa ympäristöluvan saamiseen. Aurinkosähköjärjestelmän lupa-asiat täytyy varmistaa oman kunnan rakennusvalvonnasta.

Useiden akkujen varastointiin suunniteltujen tilojen suunnitteluun ei toistaiseksi löydy ohjeita tai standardeja. Tiloista kuitenkin täytyy löytyä Tukesin hyväksymät palonilmaisu- ja sammutuslaitteistot. (Tukes, n.d).

### 4.2.1 Aurinkosähkö

Kun puhutaan uusiutuvista energiamuodoista, aurinkosähkö tulee usein ensimmäisenä mieleen. Aurinkosähköjärjestelmien tuotanto riippuu täysin auringonvalosta, joten niitä ei suositella ainoaksi sähköenergian lähteeksi. Aurinkosähköjärjestelmä vaatii siis rinnallensa usein liitännän sähköverkkoon tai toisen sähköntuotantomuodon sekä akuston.

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa ja mitoituksessa on oleellista ottaa huomioon aurinkopaneelien suuntaus ja kaltevuus sekä kokonaissäteilyn määrä kohteen sijainnissa. Aurinkojärjestelmän tuottoon vaikuttavat myös lämpötila, heijastuva säteily, invertterin ja paneelien hyötysuhde sekä luonnollisesti sääolosuhteet.

Aurinkopaneelit tuottavat tasasähköä, joka muutetaan invertterin avulla vaihtosähköksi. Vaihtosähkö voidaan syöttää sähköverkkoon, mutta kannattavampaa on hyödyntää tuotettu sähkö itse. Ylimääräinen tuotettu sähkö voidaan varastoida akkuihin ja käyttää otollisempaan ajankohtana. Paneeleilla muodostetaan sarjaan ja/tai rinnan kytketyillä aurinkokennoilla halutun suuruinen jännite ja virta. (Motiva, 2021).

#### **4.2.2 Pientuulivoimala**

Aurinkosähköjärjestelmän lisäksi sähköntuotannon rinnalle voi harkita pientuulivoimalaa. Pientuulivoimalan potkurin pyyhkäisypinta-alan täytyy olla alle 200 neliometriä, jolloin nimellisteho käytännössä on alle 50 kW. Verkkoon liitettyjen tai lämmityskäyttöön suunniteltujen pientuulivoimaloiden teho on yleensä yli 2 kW. Mastonkorkeutta pientuulivoimaloilla on 5–30 metriä. Jos voimalan sähkö tahdotaan liittää suoraan osaksi omakotitalon sähköverkkoa tai syöttää ylimääräinen sähköntuotanto jakeluverkkoon, niin järjestelmään tarvitaan invertteri. (Motiva, 2022).

Pientuulivoimaloiden verkkoinvertterien tarjonta markkinoilla on suppea, joten tuulivoimaloista saatava tuotto kytketään suoraan vesivaraajaan, jolloin sähköntuotanto saadaan ohjattua suoraan lämmöksi. Tuulivoimalantuottoon vaikuttaa suuresti esteet, kuten puusto ja rakennukset, jotka aiheuttavat turbulenssia, joka aiheuttaa kulumista laitteille sekä vähentää tuotantoa. Tuulivoimalaa suunnitellessa kannattaa keskittyä vertailussa potkurin kokoon nimellistehon sijasta. (Suomen Tuulivoimayhdistys, n.d).

Tuulivoimalan suunnittelussa on myös tärkeää varmistaa paikalliset tuuliolosuhteet, generaattorin ja säätöjärjestelmän hyötysuhde sekä kuinka hyvin tuulivoimala pysyy tuulen suunnassa. Tarpeeksi korkealla mastolla varmistetaan, että potkuri osuu voimakkaisesti tuuliin. Maston ja voimalan tulee kestää tuulen aiheuttamat mekaaniset rasitukset sekä asianmukaisesta suojausjärjestelmästä, kuten ukkossuojauksesta, on huolehdittava. (Suomen Tuulivoimayhdistys, n.d).

#### **4.2.3 Sähkövarastot**

Energiaa voidaan varastoida useilla eri tavoilla: mekaanisesti, kemiallisesti, sähköisesti, sähkökemiallisesti sekä lämmön avulla. Esimerkiksi pumpattu vesivarasto on yksi mekaaninen energiavarastointi muoto ja kemiallinen energianvarastointi voidaan toteuttaa

Power to gas to power -konseptilla (P2G2P). Sähkövarastoinnissa hyödynnetään yleisimmin sähkökemiallista varastointimuotoa, akkuteknologiaa. (Rautiainen ym., 2019 s.11.)

Sähkövarastoja voidaan hyödyntää mm. aurinko- ja tuulivoiman ylituotannon varastointiin, sähköjakelun luotettavuuden tasapainottamiseen sekä energiakustannusten minimointiin osana älykästä mikroverkkoa. Akkuvarastoista saatava taloudellinen hyöty ei yleensä ole kannattavaa, vaan usein ekologisuus ja vihreät aatteet motivoivat ihmisiä hankkimaan sähkövaraston järjestelmäänsä.

Akusto mitoitetaan ja suunnitellaan aina kohteen tarpeiden mukaan. Mitoituksessa kannattaa pohtia tarvitseeko järjestelmä ennemmin tehokkaat vai energiapitoisemman akuston ja vaikuttaako akuston paino vai tilavuus enemmän ratkaisuun. Akusto on hyvä sijoittaa lämmitettyyn tilaan, mutta silti niin, ettei huoneen lämpötila nouse liikaa. Akuston käyttöikä (Cycle life) ja hyötysuhde sekä turvallisuus on tärkeitä ottaa myös huomioon. (Rautiainen ym., s. 35–36).

### 4.3 Mikro-CHP

Mikro-CHP järjestelmällä tuotetaan sähköä ja lämpöä mikroturbiinia hyödyntäen. Järjestelmä sopii käytettäväksi mm. omakotitaloissa, rivitaloissa ja teollisuuskiinteistöissä. Polttoaineeksi järjestelmiin sopii yleisesti puu sen eri muodoissa sekä kaasu, eli periaatteessa mikro-CHP-tekniikalla sähkö ja lämpö tuotetaan täysin bioenergiaa hyödyntäen. (Eco Concept, 2022).

Taulukossa 4.3 nähdään eri bioenergian polttoainetyypit ja niiden käyttökohde. Sähkön ja lämmöntuotannon osalta polttoaineina käytetään kasvisöljyjä ja eläinrasvoja, biokaasua sekä kiinteitä polttoaineita. Kiinteisiin polttoaineisiin kuuluvat puu ja pelletti ovat omakotitaloasujille tutuimmat bioenergian lähteet. Biokaasua voidaan käyttää kuin maakaasua. Biokaasureaktorissa biomassasta tuotetaan biokaasua mm. lannasta, jätteistä ja peltobiomassoista. (Motiva, 2020).

**Taulukko 4.3** Polttoainetyypeittäin eritelty bioenergian tuotanto. (Ilmasto-opas.fi, n.d)

Polttoainetyyppi	Sähkön ja/tai lämmöntuotanto	Liikennepolttoaine
Kasviöljyt ja eläinrasvat	x	
Biodiesel		x
Bioetanoli		x
Biokaasu	x	x
Kiinteät polttoaineet	x	

Hämeen ammattikorkeakoulu on toteuttanut mikro-CHP-tekniikkaan liittyen hankkeen (Venect), jossa tutkitaan, kuinka hiilijalanjälkeä voidaan pienentää hyödyntämällä poltto-prosessin hukkalämpöä, ORC-tekniikkaa (organic rankine cycle) sekä mikroturbiinia. Venect hankkeen tavoitteisiin kuuluu myös hybridimoduulin poltto-prosessin optimointi, hyötysuhteen parantaminen ja sähköenergian varastointimenetelmien kehittäminen. (HAMK, n.d).

Venect-hankkeessa on panostettu pilotti-hybridimoduulin ulkoasuun, että se voidaan sijoittaa myös näkyvälle ja keskeiselle paikalle. Älykästä ohjainjärjestelmää käyttäen voidaan selvittää, mikä energianlähde on kannattavin milläkin ajan hetkellä. (Mustonen & Heikkilä, 2019). Venect-hankkeen hybridimoduuli sisältää mm. kolme 270 litran vesivaraajaa, turvehakeautomaatin sekä 60 kW stokerikattilan.

## 5. PIKKUTALOKYLÄN ENERGIATARPEEN MITOITUS

Energiantarpeen mitoituksessa lämmitysenergian tarpeen osalta käytetään tarkaste- luissa hyödyksi ympäristö ministeriön Suomen rakentamismääräyskokoelmaa D5 Ra- kennuksen energian kulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta -ohjetta vuodelta 2012. Ohjeiden avulla selvitetään kuukausitasolla lämmitysenergian ja sähköenergian tarve, ostoenergian kulutus, kokonaisenergian kulutus sekä lämmitystehon tarve jääh- dyttämättömissä rakennuksissa. Rakentamismääräyskokoelmia C3 (2010), D1 (2017), D2 (2012) ja D3 (2012) käytetään mm. lähtöarvojen, laskentasääntöjen sekä säätietojen ja kohteen suunnitteluarvojen määrittelyyn.

### 5.1 Lämmitysenergian tarve

Lämpimän käyttöveden energiankulutus käsitellään erillään rakennuksien lämmitysener- gian nettotarpeen laskennoista. Jos kesäajalla on tarvetta jäähdytykselle, täytyy jäähdy- tysenergian nettotarve selvittää erikseen. Jäähdytysenergian laskemista ei käsitellä dip- lomityössä.

Koska pikkutalot rakennetaan trailerien päälle, lämmitysenergian tarpeen lasken- nassa ei tarvitse huomioida maanvastaisen alapohjan kautta johtuvaa energiaa. Pikku- talokylän muiden rakennuksien alapohjan kautta johtuva lämpöhäviö lasketaan samalla periaatteella. Alapohjan kautta johtuva lämpöhäviö voidaan laskea ulkolämpötilan avulla. Ulkoilmaan rajoittuvien pintojen lämpöhäviöt lasketaan kaavalla (1)

$$Q_{rakosa} = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (1)$$

jossa  $Q_{rakosa}$  on johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi,  $U_i$  on rakennusosan  $i$  lämmön- läpäisykerroin,  $A_i$  on rakennusosan  $i$  pinta-ala,  $T_s$  on sisäilman lämpötila,  $T_u$  on ulkoilman lämpötila,  $\Delta t$  on ajanjakson pituus ja  $1000$  on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Johtumislämpöhäviöt lasketaan alapohjan lisäksi yläpohjasta, ulkoseinistä, ikkunoista, ovista, kylmäsilloista sekä muista tiloista, joissa lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta. Kaavaa (1) voidaan käyttää myös johtumislämpöhäviöiden laskemisessa muissa tiloissa, kun ulkolämpötilan tilalla käytetään muun tilan suunniteltua lämpötilaa.

Kylmäsiltojen lämpöhäviöitä ei määritellä tarkasti tässä diplomityössä, vaan kylmäsiltojen aiheuttamat lämpöhäviöt otetaan huomioon viiden prosentin kertoimella kokonaislämpöhäviöistä rakennusvaipan johtumislämpöhäviön kaavassa (2)

$$Q_{joht} = (Q_a + Q_y + Q_s + Q_{ikk} + Q_o + Q_{muu}) * Q_{kylmäsilto} \quad (2)$$

jossa,  $Q_{joht}$  on johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi,  $Q_a$  on alavaipan johtumislämpöhäviö,  $Q_y$  on yläpohjan johtumislämpöhäviö,  $Q_s$  on seinien johtumislämpöhäviö,  $Q_{ikk}$  on ikkunoiden johtumislämpöhäviö,  $Q_o$  on ovien johtumislämpöhäviö,  $Q_{muu}$  on johtumislämpöhäviö muihin tiloihin ja  $Q_{kylmäsilto}$  on kylmäsiltojen johtumislämpöhäviö (kerroin 1,05).

Johtumislämpöhäviöiden lisäksi rakennukset vuotavat lämmintä ilmaa ulos epätiiviyksien kautta. Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla (3)

$$Q_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3)$$

jossa  $Q_{vuotoilma}$  on vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve,  $\rho_i$  on ilman tiheys (1,2 kg/m<sup>3</sup>),  $c_{pi}$  on ilman ominaislämpökapasiteetti (1000 J/(kgK)) ja  $q_{v,vuotoilma}$  on vuotoilmavirta.

Vuotoilmavirta lasketaan kaavalla (4). Ilmanvuotoluvun  $q_{50}$  arvo määritellään rakentamismääräyskokoelman D5 (2012) taulukon 3.5 mukaan (Liite 1).

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 * x} A_{vaiippa} \quad (4)$$

jossa  $q_{50}$  on ilmanvuotoluku,  $A_{vaiippa}$  on rakennusvaipan pinta-ala,  $x$  on kerroin (yksikerroksisille rakennuksille kerroin on 35 ja kaksikerroksisille rakennuksille 24, kun kerroskorkeus on noin kolme metriä) ja 3600 on kerroin, joka muuttaa ilmavirran yksiköstä m<sup>3</sup>/h yksikköön m<sup>3</sup>/s.

Oletuksena pikkutalokylän ilmanvaihto tapahtuu pikkutaloissa ja yhteistiloissa pääsääntöisesti painovoimaisesti. Tosin aika varmasti kosteisiin tiloihin tarvitsee lisätä erikseen poistoilmapuhaltimet. Tämä ei tosin vaikuta korvausilmavirran laskemiseen kaavalla (5)

$$q_{v,korvausilma} = \sum t_d t_v q_{v,poisto} \quad (5)$$

jossa  $q_{v,korvausilma}$  on korvausilmavirta,  $t_d$  on keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde,  $t_v$  on keskimääräinen viikoittainen käyntiaikasuhde ja  $q_{v,poisto}$  on poistoilmavirta.

Poistoilmavirta määritellään rakentamismääräyskokoelman D2 (2012) taulukon 1 mukaan (Liite 2). Pikkutaloissa korvausilmavirta määritellään henkilölukumäärän mukaan eli yhtä henkilöä kohden tarvitaan korvaavaa ilmaa 6 dm<sup>3</sup>/s.



Painovoimaisessa ja koneellisessa poistoilmavaihtojärjestelmässä korvausilma sisältää rakennukseen tulevan tuloilman, jolloin korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve saadaan laskettua kaavalla (6)

$$Q_{iv,korvausilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,korvausilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (6)$$

Jossa  $Q_{iv}$  on korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve.

Kun kaikki rakennuksen lämpöhäviöt on saatu määriteltyä, voidaan rakennuksen tilojen lämmitysenergian tarve laskea kaavalla (7)

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (7)$$

jossa  $Q_{tila}$  on tilojen lämmitysenergian tarve,  $Q_{joht}$  on johtumislämpöhäviöt rakennusvai-  
pan läpi,  $Q_{vuotoilma}$  on vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve,  $Q_{iv,korvausilma}$  on kor-  
vausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve.

Rakennuksen lämpökuormaan vaikuttaa valaistuksen, sähkölaitteiden ja ihmisten lisäksi ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia. Myös lämpimän käyttö-  
veden kierto ja varastointi aiheuttavat lämpökuormia. Pikkutalojen ja yhteistilojen osalta  
lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnista aiheutuvia lämpökuormia ei ole oleel-  
lista ottaa huomioon diplomityössä lyhyiden kiertojohto pituuksien vuoksi. Rakennusten  
lämpökuorma lasketaan kaavalla (8)

$$Q_{lämpökuorma} = Q_{henk} + Q_{säh} + Q_{aur} \quad (8)$$

jossa  $Q_{lämpökuorma}$  on rakennuksen lämpökuorma,  $Q_{henk}$  on henkilöiden luovuttama lämpö-  
energia,  $Q_{säh}$  on sähkölaitteista ja valaistuksesta rakennuksen sisälle tuleva lämpö-  
kuorma ja  $Q_{aur}$  on ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia.

Henkilöistä syntyvä lämmityskuorma voidaan laskea kaavalla (9)

$$Q_{henk} = k * n * \phi_{henk} * \Delta t_{oleskelu} / 1000 \quad (9)$$

jossa  $k$  on rakennuksen käytönaikainen käyttöaste,  $n$  on henkilöiden lukumäärä,  $\phi_{henk}$  on  
yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho, joka ei sisällä haihtumislämpöä  
(85 W) ja  $\Delta t_{oleskelu}$  on oleskeluaika.

Oleskeluaika lasketaan kaavalla (10)

$$t_{oleskelu} = \sum t_d t_v \Delta t \quad (10)$$

Valaistusjärjestelmien ja kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutusta käsitellään luvussa  
5.2 tarkemmin, mutta sähkölaitteista ja valaistuksesta syntyvä lämpökuorma saadaan  
määriteltyä kaavalla (11)

$$Q_{säh} = W_{valaistus} + W_{kuluttajalaitteet} \quad (11)$$

jossa  $W_{\text{valaistus}}$  on valaistusjärjestelmän sähköenergian kulutus ja  $W_{\text{kuluttajalaitteet}}$  on kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus.

Auringonvalo ikkunoiden kautta tuottaa lämpöä rakennukseen. Säteilyenergian aiheuttama lämpökuorma lasketaan kaavalla (12)

$$Q_{aur} = \sum G_{\text{säteily,pystypinta}} F_{\text{läpäisy}} A_{ikk} g \quad (12)$$

jossa  $G_{\text{säteily,pystypinta}}$  on pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti,  $F_{\text{läpäisy}}$  on säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin,  $A_{ikk}$  on ikkuna-aukon pinta-ala, huomioiden kehys- ja karmirakenteet ja  $g$  on ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin.

Auringonsäteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin määrittelyssä oletetaan, että varjostuksia tai pysyviä verhoja ei ole ikkunoiden edessä, jolloin rakentamismääräyskokoelmasissa D5 (2012) sivulla 31 määriteltynä kertoimen arvo on  $F_{\text{läpäisy}} = 0,75$ .

Jos ikkunan valoaukon kokonaissäteilyn läpäisykerroimen  $g$  arvo ei ole tiedossa, voidaan se laskea kaavalla (13)

$$g = 0,9 * g_{\text{kohtisuora}} \quad (13)$$

jossa  $g_{\text{kohtisuora}}$  on ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin.

Ikkunan valoaukon kohtisuoran auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroimen arvo määritellään ikkunan lasituksen mukaan käyttäen rakentamismääräyskokoelmasissa D5 (2012) annettuja arvoja (Liite 3). Pikkutaloissa ikkunoissa on kaksinkertainen lasitus ja muissa kylän rakennuksissa yksipuitteiset, kolmilasiset ikkunat.

Kun rakennusten lämpökuorma on saatu selvitettyä, täytyy määritellä lisäksi lämpökuormien hyödyntämisaste. Hyödyntämisasteen määrittelyyn vaadittavat kaavat on ilmoitettu taulukossa 5.1.

**Taulukko 5.1** Hyödyntämistäasteen määrittely (Ympäristöministeriö, 2012)

$\eta_{\text{lämpö}} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}}$	$\eta_{\text{lämpö}}$	Lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämistäaste
	$\gamma$	Lämpökuorman suhde lämpöhäviöön
	$\alpha$	Numeerinen parametri
$a = 1 + \frac{\tau}{15}$	$\tau$	Rakennuksen aikavakio [h]
	$Q_{\text{lämpökuorma}}$	Rakennuksen lämpökuorma [kWh]
	$Q_{\text{tila}}$	Rakennuksen tilojen lämmitysenergian tarve [kWh]
$\gamma = \frac{Q_{\text{lämpökuorma}}}{Q_{\text{tila}}}$	$C_{\text{rak}}$	Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti [Wh/K]
	$H_{\text{tila}}$	Rakennuksen tilojen ominaislämpöhäviö (johtumisen, vuotoilman, korvausilman ja tuloilman tilassa tapahtuvan lämpenemisen yhteenlaskettu ominaishäviö) [W/k]
$\tau = \frac{C_{\text{rak}}}{H_{\text{tila}}}$	$T_s$	Sisäilman lämpötila [°C]
	$T_u$	Ulkoilman lämpötila [°C]
$H_{\text{tila}} = \frac{Q_{\text{tila}}}{(T_s - T_u) \Delta t} 1000$	$\Delta t$	Ajanjakson pituus [h]
	1000	Kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos wateiksi

Rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti määritellään rakentamismääräyskokoelman D5 (2012) sivun 36 taulukon 5.6 mukaan. Pikkutalokylän kaikki rakennukset ovat kevytrakenteisia ja ne luokitellaan pientaloiksi, jolloin  $C_{\text{rak}} = 40 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Kun lämpökuormien hyödyntämistäaste on selvitetty, voidaan laskea lämmityksessä hyödynnettävä energia lämpökuormien energiasta kaavalla (14)

$$Q_{\text{sis,lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (14)$$

jossa  $Q_{\text{sis,lämpö}}$  on lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä ja  $\eta_{\text{lämpö}}$  on lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämistäaste.

Lopulta voidaan määrittellä rakennuksen tilojen lämmitysenergian nettotarve kaavalla (15)

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis,lämpö}} \quad (15)$$

jossa  $Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$  on tilojen lämmitysenergian nettotarve.

Pikkutalokylän lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve ja lämmön jakelujärjestelmän siirron lämpötilahäviöt määritellään erillään rakennuksien tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta, koska pikkutalokylän lämminvesivaraajat ja lämmönjakelujärjestelmä sijaitsevat erillisessä teknisessä tilassa, joista lämminkäyttövesi ja kiertovesilämmitys siirretään pikkutaloihin ja yhteistiloihin. Pikkutalokylän rakennuksien lämmityksen lämpöenergian tarve lasketaan kaavalla (16)

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{lämmitys,lkv}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} \quad (16)$$

jossa  $Q_{\text{lämmitys,tilat}}$  on tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä,  $Q_{\text{lämmitys,lkv}}$  on lämpimän käyttöveden lämmitysenergian

tarve,  $Q_{jakelu,ulos}$  on lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmitettävään tilaan ja  $\eta_{lämmitys,tilat}$  on laskettavan lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde.

Lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde määritellään rakentamismääräyskokoelman D5 (2012) taulukon 6.2 mukaan (Liite 4). Lämmitys toteutetaan vesikiertoisella lattialämmityksellä ja se sijaitsee ulkoilmaan rajoittuvassa rakennuksessa. Tällöin  $\eta_{lämmitys,tilat} = 0,75$ .

Lämmitysenergian nettotarpeesta täytyisi vähentää mm. tulisijalla tuotettu lämmönenergia ennen tilojen lämmityksen lämpöenergian tarpeen laskentaa. Diplomityön osalta pikkutalokylän rakennuksien mahdollisia tulisijoja ei huomioida.

Lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve saadaan laskettua kaavalla (17)

$$Q_{lämmitys,lkv} = \frac{Q_{lkv,netto}}{\eta_{lkv,siirto}} + Q_{lkv,varastointi} + Q_{lkv,kierto} \quad (17)$$

jossa  $Q_{lkv,netto}$  on lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve,  $\eta_{lk,siirto}$  on lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde,  $Q_{lkv,varastointi}$  on lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviö ja  $Q_{lkv,kierto}$  on lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviö.

Lämpimän käyttöveden hyötysuhde määritellään rakentamismääräyskokoelman D5 (2012) taulukon 6.3 mukaan (Liite 5). Pikkutalokylän rakennuksien rakennustyyppi on erillinen pientalo, jossa käyttövesi toteutetaan kierrolla, jolloin  $\eta_{lk,siirto} = 0,96$ .

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarpeen laskennassa käytetään lämpimän ja kylmän veden lämpötilan erona rakentamismääräyskokoelman D5 (2012) sivulla 24 määriteltyä arvoa  $(T_{lkv} - T_{kv}) = 50$  °C. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve saadaan laskettua kaavalla (18)

$$Q_{lkv,netto} = \frac{\rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv})}{3600} \quad (18)$$

jossa  $V_{lkv}$  on lämpimän käyttöveden kulutus,  $T_{lkv}$  on lämpimän käyttöveden lämpötila ja  $T_{kv}$  on kylmän käyttöveden lämpötila.

Lämpimän käyttöveden kulutuksen arvo määritellään erikseen konseptisuunnitelman luvuissa 6.4 ja 6.5, kuten myös lämminvesivaraajaan tilavuus. Varaajan tilavuus vaikuttaa lämpimän käyttöveden varastoinnin lämpöhäviöön, joka määritellään rakentamismääräyskokoelman D5 taulukon 6.3b mukaan (Liite 6).

Lämpimän käyttöveden kierron lämpöhäviö voidaan laskea kaavalla (19)

$$Q_{lkv,kierto} = \frac{(\phi_{lkv,kiertohäviö,omin} L_{lkv} + \phi_{lkv,lämmitys,omin} \eta_{lämmitys,slaitte}) * t_{lkv,pumppu}}{1000} \quad (19)$$

jossa  $\phi_{l_{kv},kiertohäviö,omin}$  on lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho,  $L_{l_{kv}}$  on lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituus,  $\phi_{l_{kv},lämmitys,omin}$  on lämpimän käyttöveden kiertojohdossa kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho,  $n_{lämmityslaitte}$  on lämpimän käyttöveden kiertojohdossa kytkettyjen lämmityslaitteiden lukumäärä ja  $t_{l_{kv},pumppu}$  on lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöaika kuukaudessa.

Rakentamismääräyskokoelman D5 (2012) sivun 42 mukaan määritellään lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun käyttöajaksi 24 h/vrk sekä kiertojohdon lämpöhäviön ominaistehon arvoksi rakentamismääräyskokoelman D5 (2012) taulukon 6.4 (Liite 7) mukaan suojaputken + 0,5 D mukaisesti 8 W/m. Koska pikkutaloissa kosteus on ongelma, niin pyyhkeiden kuivausta varten lasketaan varaus lämmityslaitteelle pesutilassa. Lämpimän käyttöveden kiertojohdossa kytketyn lämmityslaitteen ominaistehoksi määritellään 200 W. Lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituus määritellään konseptisuunnitelman luvuissa 6.4 ja 6.5.

Lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviöt lämmittämättömään tilaan määritellään kaavalla (20)

$$Q_{jakelu,ulos} = q_{jakeluhäviöt,ulos} * L \quad (20)$$

jossa  $q_{jakeluhäviöt,ulos}$  on lämmön jakelujärjestelmän ominaislämpöhäviö lämmittämättömään tilaan ja  $L$  on lämmön jakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien yhteenlaskettu pituus lämmittämättömässä tilassa.

Lämmönjakelujärjestelmän ominaislämpöhäviö lämmittämättömään tilaan voidaan määritellä rakentamismääräyskokoelman D5 (2012) taulukon 6.1 mukaan (Liite 8). Pikkutalokylän kaikki rakennukset luokitellaan pientaloiksi ja jakoputket sijoitetaan eristetyissä putkissa maahan, jolloin lämmönjakelujärjestelmän ominaislämpöhäviö on 5 kWh/m kuukaudessa. Liitteen 7 arvot pätevät vain yksittäisen rakennuksen ja lämmöntuottoyksikön välisille siirtoputkille. Pikkutalokylän lämmönsiirtoputket suunnitellaan toteutettavaksi näin, tarkemman soveltuvan menetelmän puuttuessa.

Olettaen, että valittu lämmitysjärjestelmä suunnitellaan tuottamaan tarpeeksi lämpöenergiaa tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Tulevissa kaavoissa (21) ja (22) ei huomioida lisälämmityksen tarvetta.

Lopullinen tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve määritellään vuositasolla lämmitysjärjestelmällä tuotettavan lämmitysenergian määrästä kaavalla (21)

$$Q_{LJ,lämmitys,tilat} = Q_{lämmitys,tilat} \quad (21)$$

jossa  $Q_{LJ,lämmitys,tilat}$  on lämmitysjärjestelmän tuottama tilojen lämmitysenergia.

Lämmitysjärjestelmällä tuotettava käyttöveden lämmitysenergian tarve määritellään vuosisitasolla lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta kaavalla (22)

$$Q_{LJ,lämmitys,lkv} = Q_{lämmitys,lkv} \quad (22)$$

jossa  $Q_{LJ,lämmitys,lkv}$  on lämmitysjärjestelmän tuottama käyttöveden lämmitysenergia.

## 5.2 Sähköenergiankulutus

Pikkutalokylän sähköenergiankulutuksen laskennassa huomioidaan mm. sähkölaitteet, valaistus, autopistokkeet, lämpimän käyttöveden lämmittämiseen ja sen siirtoon kuluva sähköenergia sekä mahdollisten lämmitysjärjestelmien sähköenergian kulutus. Rakennuksien sähköenergiankulutuksessa huomioidaan vain sähkölaitteet ja valaistus.

Laitteiden sähköenergian kulutuksen määrittelyssä kuukausitasolla hyödynnetään Carunan listaamia sähkölaitteiden keskimääräisiä sähkönkulutuksen arvoja. Pikkutalokylään suunnitellaan erillinen pyykinpesutupa, joten pyykinpesukonetta ei huomioida laskuissa. Pikkutalon pienen koon vuoksi myös erillisen jääkaapin ja pakastimen sijasta arvioissa käytetään jääkaappi-pakastimen yhdistelmää. Sähkölaitteet ja niiden sähkönkulutus on lueteltu taulukossa 5.2.

**Taulukko 5.2 Sähkölaitteiden sähkönkulutus (Caruna, n.d).**

Sähkölaitteiden sähkönkulutus			
Jääkaappi-pakastin	0,8-1,6 kWh/vrk	Liesituuletin	0,2 kWh/h
Sähköliesi	1-2 kWh/vrk	Astianpesukone	0,6-1,6 kWh/kerta
Mikroaaltouuni	0,12-0,2 kWh/10 min	Kannettava tietokone	0,03 kWh/h
Kahvinkeitin	0,1 kWh/10 min	Pöytätietokone	0,13-0,17 kWh/h
Vedenkeitin	0,1 kWh/5 min	LED-televisio 42"	0,04-0,1 kWh/h

Valaistuksen sähköenergian kulutus arvioidaan rakentamismääräyskokoelman D3 (2012) esitettyjen arvojen mukaan. Pikkutalojen kohdalla valaistuksen sähköenergian kulutus eritellään ainoastaan kylpyhuoneen ja muun tilan osalta. Yleisesti pikkutaloissa kylpyhuone on ainut tila, joka on eroteltu muusta tilasta. Mahdollisten makuuparvien huonepinta-ala otetaan huomioon valaistuksen sähköenergian kulutuksen laskussa, vaikka ne eivät täyttäisi rakennusmääräyksiä huone korkeuksien osalta. Valaistuksen sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla (23)

$$W_{valaistus} = \sum P_{valaistus} A_{huone} \Delta t f / 1000 \quad (23)$$

jossa  $W_{valaistus}$  on valaistuksen sähköenergian kulutus,  $P_{valaistus}$  on valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti,  $A_{huone}$  on valaistavan tilan huonepinta-ala,  $\Delta t$  on valaistuksen käyttöaika ja  $f$  on valaistuksen ohjaustavasta riippuva ohjauskerroin.

Rakentamismääräyskokoelmassa D5 (2012) sivulla 27 määritelty arvo valaistuksen ohjaustavasta riippuvalle ohjauskertoimelle on huonekohtaisen kytkimen kohdalla  $f = 0,90$ . Valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa ( $W/hum^2$ ) kohden määritellään taulukon 5.3 mukaan (Ympäristöministeriö, 2015, s. 16).

**Taulukko 5.3** Valaistuksen sähköteho lampputyypin ja valaistusvoimakkuuden mukaan.

Lampputyyppi	Valaistusvoimakkuus			
	100 lx	300 lx	500 lx	1000 lx
Hehkulamppu	36	107	179	357
Halogeenilamppu	30	89	149	298
Pienloistelamppu	7,1	21	36	71
Loistelamppu	4,5	13	22	45
LED	7,1	21	36	71

Kylpyhuoneissa ja keittiöissä valaistusvoimakkuuden täytyy olla vähintään 300 lx (Ympäristöministeriö, 2015, s. 16). Pikkutalokylän kaikkien rakennuksien valaistusvoimakkuudeksi määritellään 100 lx arvolla. Valaistuksen sähkönkulutus lasketaan niin, että kaikkien valojen oletetaan olevan päällä aina yhtä aikaan eikä laskuissa huomioida valaistusvoimakkuuden tasaisuutta rakennuksen sisällä.

Rakentamismääräyskokoelman D5 (2012) sivun 26 taulukon 4.1 mukaan määritellyt vuotuiset sähkönkulutus arviot autopaikoille, pihavalaistukselle sekä talopesulalle on määritelty taulukossa 5.4.

**Taulukko 5.4** Sähkönkulutus laiteryhmittäin vuositasona

Laiteryhmä	Kulutus
Talopesula	67 kWh/asunto
Autopaikat	150 kWh/paikka
Pihavalaistus	2 kWh/m <sup>2</sup>

Tosin rakentamismääräyskokoelmassa D5 (2012) sivun 26 taulukossa 4.1 on erikseen eritelty asuntokohtaisesti vuosittainen sähköenergian kulutus pientalossa pyykinpesukoneelle (240 kWh/kpl) sekä kuivausrummulle (300 kWh/kpl). Näitä arvoja pyykinpesukoneen ja kuivausrummun sähkönkulutuksesta käytetään pikkutalokylän pesutuvan sähkölaitteiden sähkönkulutuksen laskemisessa.

Pikkutalokylän lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus määritellään kaavalla (24)

$$W_{\text{lämmitys}} = W_{\text{tilat}} + W_{\text{lkv,pumppu}} + W_{\text{LJ,lämmitys}} \quad (24)$$

jossa  $W_{\text{lämmitys}}$  on lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus,  $W_{\text{tilat}}$  on lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus,  $W_{\text{lkv,pumppu}}$  on lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus ja  $W_{\text{LJ,lämmitys}}$  on lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus.

Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergiankulutus koostuu kiertopumppujen ja säätölaitteiden sähköenergian kulutuksesta ja se voidaan laskea kaavalla (25)

$$W_{tilat} = e_{tilat} A_{netto,i} \quad (25)$$

jossa  $e_{tilat}$  on lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus ja  $A_{netto,i}$  on rakennuksen osan  $i$  lämmitetty netto-ala, jonka lämmönjakelujärjestelmä kattaa.

Lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus määritellään rakentamismääräyskokoelman D5 (2012) taulukon 6.2 mukaan (Liite 4). Pikkutalokylän rakennuksien lämmitys toteutetaan vesikiertoisella lattialämmityksellä. Vesikiertoisen lattialämmityksen lämmönluovutuksen apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus on 2,5 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus per päivä lasketaan kaavalla (26)

$$W_{lkv,pumppu} = P_{lkv,pumppu} q_{mit} t_{lkv,pumppu} / 1000 \quad (26)$$

jossa  $P_{lkv,pumppu}$  on lämpimän käyttöveden kiertojohdon pumpun sähkömoottorin ottoteho ja  $q_{mit}$  on mitoitettu virtaama.

Kiertojohdon pumpun sähkömoottorin ottotehoksi määritellään 200 W/dm<sup>3</sup>/s rakentamismääräyskokoelman D5 (2012) sivun 43 mukaan. Mitoitettu virtaama määritellään rakentamismääräyskokoelman D1 (2007) taulukon 1 (Liite 9) ja taulukon 2 (Liite 10) mukaan. Pikkutaloyhteisössä mitoitettu virtaama on 0,28 dm<sup>3</sup>/s. Pumpun käyttöajan arvo on 24 h/vrk.

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus lasketaan maalämpöjärjestelmälle kuukausi tasolla kaavalla (27)

$$W_{LJ,lämmitys} = \frac{Q_{LJ,lämmitys,tilat}}{COP} + \frac{Q_{LJ,lämmitys,lkv}}{COP} \quad (27)$$

jossa COP on maalämpöpumpun hyötysuhde.

Kaavassa (27) käytetty COP-arvo määritellään valitun maalämpöjärjestelmän maalämpöpumpun hyötysuhteesta. Sen avulla voidaan määritellä sähköenergian määrä tarvittavan lämmitysenergian tarpeesta. Lämpöpumppujen markkinoinnissa ilmoitetaan yleensä korkein COP-hyötysuhde, joka saavutetaan matalimmalla lämmitys lämpötilalla, jolla yleensä viitataan vesikiertosiin lattialämmitysjärjestelmiin. (Suutari, n.d).



## 6. KONSEPTISUUNNITELMA

Pikkutalokylän rakennukset ja energialaskennoissa tarvittavat arvot esitellään luvussa 6.1. Luvussa 6.2 tutkitaan, onko sijainnin kannalta mahdollista hyödyntää tuulivoimaa sähköntuotannossa ja luvussa 6.3 käsitellään auringonsäteilyn voimakkuutta sijainnissa ja sijaintiin vaikuttavia kertoimia aurinkosähköjärjestelmässä. Luvuissa 6.4 ja 6.5 esitellään case-tapaukset ja case-tapauksien lämmitys- ja sähköenergiatarpeiden arviointi sekä mahdollisten lämmitysjärjestelmien ja sähköntuotannon mitoitus. Luvussa 6.6 pohditaan mikä energiayhteisömalli soveltuisi parhaiten kumpaankin case-tapaukseen.

Pikkutalokylä suunnitellaan toteutettavaksi Pirkanmaalle, Pälkäneen kuntaan, Kostianvirran kylään (Liite 11). Toteutetaanko pikkutalokylä yhteiselle tontille vai jaetuille tonteille päätetään vasta luvussa 6.6. Päätös tonttijaosta ei vaikuta sähkön- ja lämmöntuotanto laskuihin. Rakennuksien etäisyydet toisistaan pysyisivät samana.

Pikkutalokylän sijainti vaikuttaa mm. ulkoilman lämpötilan arvoon sekä pystypinnalle tulevan auringon kokonaissäteilyenergiaan. Ulkoilman lämpötila ja pystypinnalle tulevan auringon kokonaissäteilyenergia määritellään säävyöhykkeen mukaan jokaiselle kaudelle rakentamismääräyskokoelman D3 (2012) taulukon L2.2 mukaan (Liite 12). Pälkäne sijoittuu säävyöhykkeelle II.

### 6.1 Pikkutalokylän rakennukset

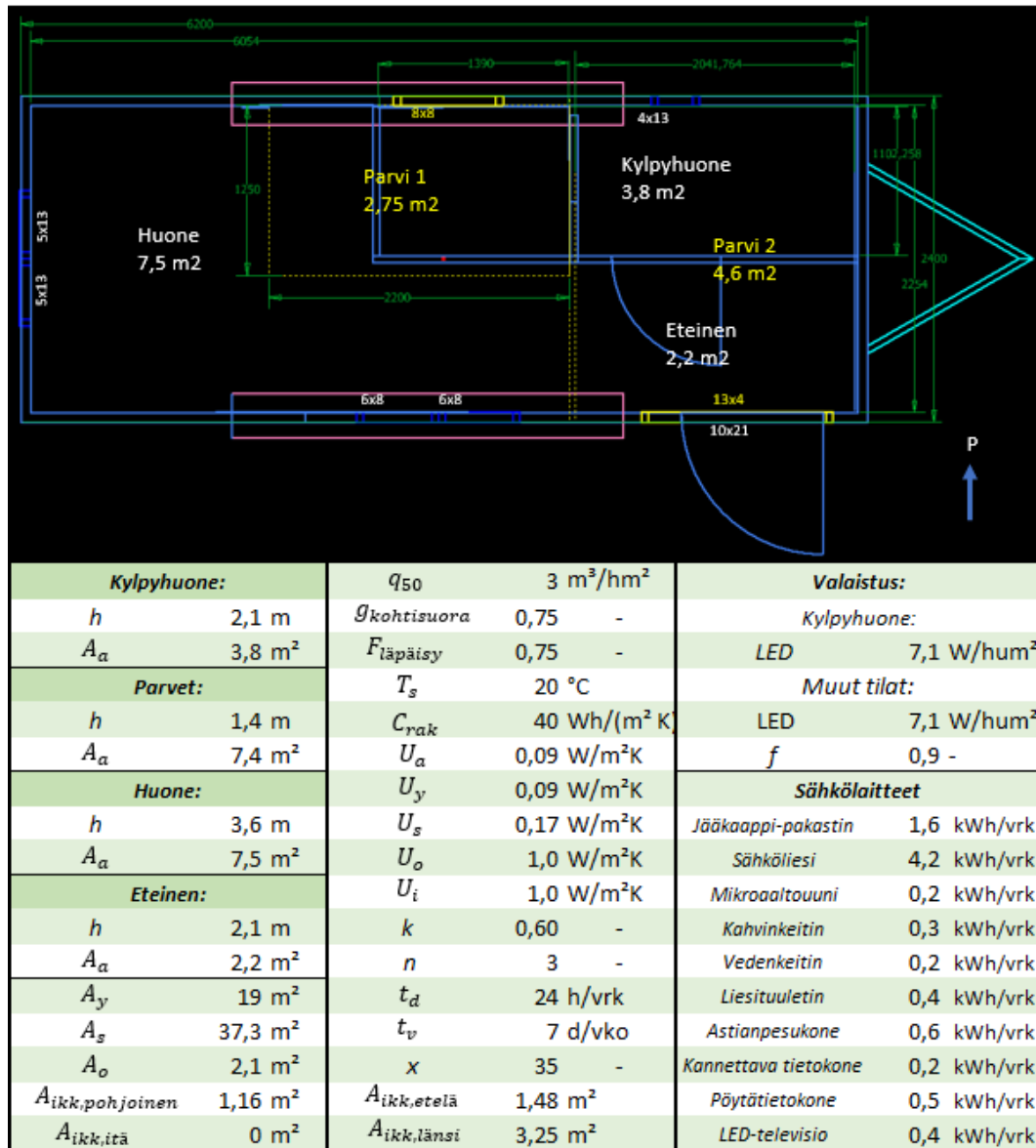
Pikkutalokylästä löytyy pikkutalojen lisäksi myös saunarakennus, pyykkitupa, harrastustila sekä muita tiloja. Pohjakuvissa huomioidaan rakennuksien koko sekä ikkunoiden ja ovien pinta-alat sekä rakennuksien ilmansuunta kylässä. Pikkutalot sijoitetaan kylässä kahteen eri ilmansuuntaan (etelä ja länsi) ja kummastakin tapauksesta tehdään omat energiankulutuslaskelmat.

Jokaisen rakennuksen sisälämpötila on 20 astetta ja rakennuksien arvot, kuten esimerkiksi lämmönläpäisykerroin, määritellään rakentamismääräyskokoelmissa esiteltyjen arvojen mukaan. Arvojen määrittelyä on käsitelty luvuissa 5.1 ja 5.2 eikä niiden määrittelyjä perustella tarkemmin tulevissa luvuissa. Muuttujat, kuten käytönaikainen käyttöaste  $k$  ja henkilöiden lukumäärä  $n$  on päätetty mielivaltaisesti.

### 6.1.1 Pikkutalo

Pikkutalokylän asuinrakennusten energiankulutus laskelmat tehdään Lilla Korianterin pohjalta. Lilla Korianteri on suunniteltu kolmelle henkilölle, sisältäen erillisen kylpyhuoneen ja kaksi makuuparvea. Energiakulutuslaskelmien arvot rakennuksen osalta sekä pohjakuva on esitelty taulukossa 6.1.

**Taulukko 6.1 Pikkutalon pohjakuva ja laskennan lähtötiedot**



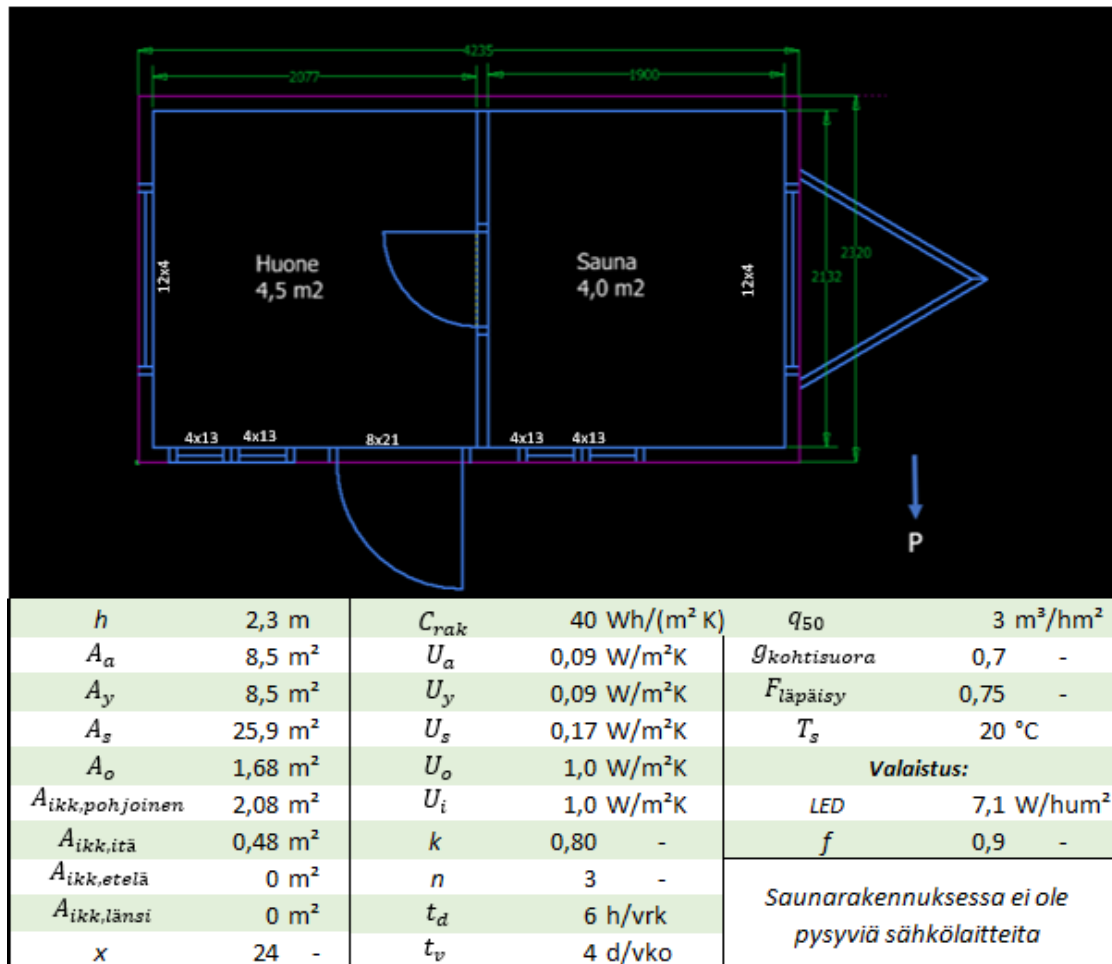
Osa pikkutaloissa asetetaan eri ilmansuuntaan. Taulukossa 6.1 näkyvässä pikkutalon pohjakuvasssa ulko-ovi on etelään. Pikkutalojen pinta-alat ( $A_n$ ) on laskettu taulukon 6.1 pohjapiirustuksen mukaan. Yläpohjan pinta-ala muodostuu tasakatosta parven 2 yllä sekä gambrel katosta muun huonealan yllä. Pikkutalossa asutaan ympäri vuorokauden ja siellä arvioidaan olevan ihmisiä noin 60 prosenttia tuosta ajasta. Pikkutalo on suunniteltu kolmelle henkilölle ( $n$ ).

Valaistuksen sähkönkulutus lasketaan kokonaisuudessaan LED-valaistuksella, mukaan lukien alakerran sekä parvien pinta-ala. Mikroaaltouunia käytetään noin 10 minuuttia vuorokauden aikana, kahvinkeitintä 30 minuuttia, vedenkeitintä 10 minuuttia, liesituuletinta kaksi tuntia, astianpesukonetta kerran päivässä, kannettavaa tietokonetta seitsemän tuntia, pöytätietokonetta kolme tuntia sekä LED-televisiota neljä tuntia.

## 6.1.2 Saunarakennus

Pikkutalokylän saunarakennus sisältää pukeutumistilan sekä saunatilan. Saunassa peseytyminen toteutetaan saunahuoneessa, lämmittämällä vesi kiukaaseen liitetyllä vesipadalla. Lämpimän veden kulutusta ei tarvitse huomioida saunarakennuksen energiankulutuksen laskennoissa. Saunarakennuksen pohjakuva ja energiankulutuksen laskennassa käytetyt arvot on esitelty taulukossa 6.2.

**Taulukko 6.2** Saunarakennuksen pohjakuva ja laskennan lähtötiedot



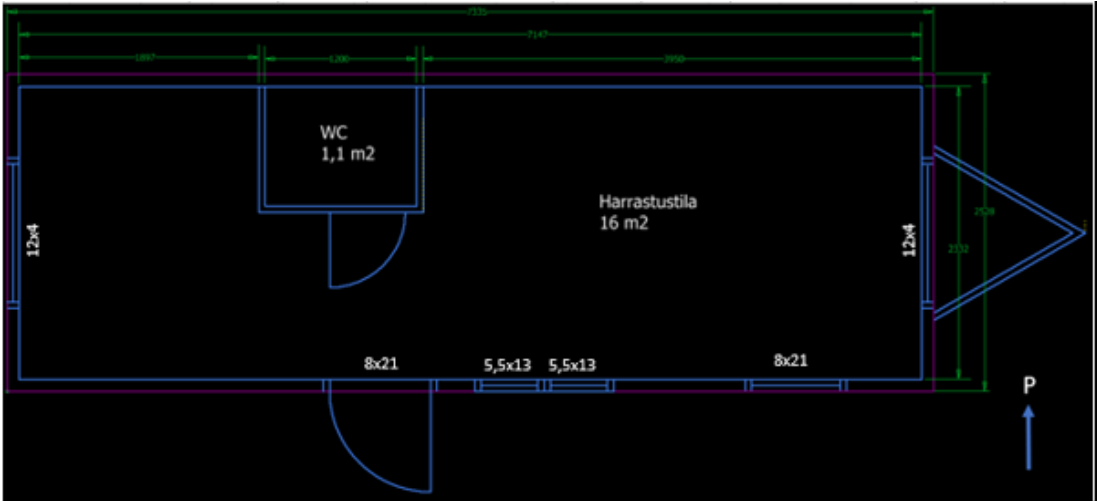
Saunarakennuksen pinta-alat ( $A_n$ ) on laskettu taulukon 6.2 pohjapiirustuksen mukaan. Saunarakennus on käytettävissä neljänä päivänä viikossa kello 16:00-22:00 ja siellä vietetään aikaa noin 80 prosenttia aukioloajasta, jolloin käytönaikaisen käyttöasteen arvoksi  $k$  määritellään 0,8. Saunassa arvioidaan olevan 3 henkilöä ( $n$ ) käytönaikana.

Saunarakennuksen sähkönkulutuksen arviointi sisältää ainoastaan valaistuksen aiheuttaman kuorman. Vaikka saunarakennuksesta löytyisi pistorasioita mm. puhelimen lataukseen ei näitä oteta huomioon sähkönkulutuksen arvioinnissa. Valaistus toteutetaan LED-valoilla.

### 6.1.3 Harrastustila

Energiayhteisön yhteisessä käytössä oleva harrastustila sisältää tilavan oleskelutilan lisäksi pienen keittiön sekä WC-tilan. Tila on suunniteltu lautapeliin pelaamiseen, elokuvien katseluun sekä sieltä löytyy tilaa myös opiskeluun tai töiden tekemiseen. Harrastustilan pohjakuva ja energiankulutuksen laskennassa käytetyt arvot sekä rakennuksen ilmansuunta on esitelty taulukossa 6.3.

**Taulukko 6.3** Harrastustilan pohjakuva ja laskennan lähtötiedot



$h$	2,3 m	$C_{rak}$	40 Wh/(m <sup>2</sup> K)	$t_d$	14 h/vrk
$A_a$	17,1 m <sup>2</sup>	$U_a$	0,09 W/m <sup>2</sup> K	$t_v$	7 d/vko
$A_y$	17,1 m <sup>2</sup>	$U_y$	0,09 W/m <sup>2</sup> K	<b>Sähkölaitteet:</b>	
$A_s$	39,62 m <sup>2</sup>	$U_s$	0,17 W/m <sup>2</sup> K	Jääkaappi	0,8 kWh/vrk
$A_o$	1,68 m <sup>2</sup>	$U_o$	1,0 W/m <sup>2</sup> K	Mikroaaltouuni	0,2 kWh/vrk
$A_{ikk,pohjoinen}$	0 m <sup>2</sup>	$U_i$	1,0 W/m <sup>2</sup> K	LED-televisio	0,4 kWh/vrk
$A_{ikk,itä}$	0,48 m <sup>2</sup>	$k$	0,25 -	Kahvinkeitin	0,3 kWh/vrk
$A_{ikk,etelä}$	3,11 m <sup>2</sup>	$n$	5 -	Vedenkeitin	0,3 kWh/vrk
$A_{ikk,länsi}$	0,48 m <sup>2</sup>	$T_s$	20 °C	<b>Valaistus:</b>	
$g_{kohtisuora}$	0,7 -	$q_{50}$	3 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	LED	7,1 W/hum <sup>2</sup>
$F_{läpäisy}$	0,75 -	$x$	24 -	$f$	0,9 -

Harrastustilan pinta-alat ( $A_n$ ) on laskettu taulukon 6.3 pohjapiirustuksen mukaan. Harrastustilat ovat auki joka päivä kello 08:00-22:00 ja tilaa käytetään noin 25 prosenttia aukioloajasta, jolloin käytönaikaisen käyttöasteen arvoksi  $k$  määritellään 0,25. Tilassa arvioidaan aktiivisimpana aikana olevan 5 henkilöä ( $n$ ).

Mikroaaltouunia käytetään noin 10 minuuttia vuorokauden aikana, LED-televisiota neljä tuntia, kahvinkeitintä 30 minuuttia ja vedenkeitintä 15 minuuttia. Valaistuksena keittiöstä löytyy loistelamppu, WC-tilasta pienloistelamppu sekä harrastustila on varusteltu LED-valaisimilla.

### 6.1.4 Pyykkitupa

Pyykkituvasta löytyy pyykinpesukoneen ja kuivausrummun lisäksi erilliset tilat kuivata pyykkiä. Kuivaushuoneista ei löydy koneellista lämmitintä, vaan kuivaushuone tarjoaa ekologisemman tavan kuivata vaatteensa sisätiloissa viemättä asuinrakennuksista tilaa pyykkien kuivausta varten. Pyykkituvan pohjakuva ja energiankulutuksen laskennassa tarvittavat arvot on esitelty taulukossa 6.4.

**Taulukko 6.4** Pyykkituvan pohjakuva ja laskennan lähtötiedot

$h$	2,3 m	$C_{rak}$	40 Wh/(m <sup>2</sup> K)	$q_{50}$	3 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
$A_a$	10,4 m <sup>2</sup>	$U_a$	0,09 W/m <sup>2</sup> K	$g_{kohtisuora}$	0,7 -
$A_y$	10,4 m <sup>2</sup>	$U_y$	0,09 W/m <sup>2</sup> K	$F_{läpäisy}$	0,75 -
$A_s$	32,1 m <sup>2</sup>	$U_s$	0,17 W/m <sup>2</sup> K	$T_s$	20 °C
$A_o$	1,68 m <sup>2</sup>	$U_o$	1,0 W/m <sup>2</sup> K	<b>Valaistus:</b>	
$A_{ikk,pohjoinen}$	0,48 m <sup>2</sup>	$U_i$	1,0 W/m <sup>2</sup> K	Loistelamppu	4,5 W/hum <sup>2</sup>
$A_{ikk,itä}$	0 m <sup>2</sup>	$k$	0,2 -	$f$	0,9 -
$A_{ikk,etelä}$	0,48 m <sup>2</sup>	$n$	2 -	<b>Sähkölaitteet:</b>	
$A_{ikk,länsi}$	0 m <sup>2</sup>	$t_d$	12 h/vrk	Pyykinpesukone	240 kWh/a
$x$	24 -	$t_v$	7 d/vko	Kuivausrumpu	300 kWh/a

Pyykkituvan pinta-alat ( $A_n$ ) on laskettu taulukon 6.4 pohjapiirustuksen mukaan. Pyykkitupa on auki joka päivä 08:00-20:00 ja siellä vietetään aikaa noin 20 prosenttia aukioloajasta, tällöin käytönaikaisen käyttöasteen arvoksi  $k$  määritellään 0,20. Tilassa arvioidaan käytönaikana olevan 2 henkilöä ( $n$ ). Pesuhuoneen ja kuivaushuoneiden valaistus toteutetaan loistelampuilla. Pesutuvan sähkölaitteiden sähkönkulutus lasketaan vuositasolla pikkutalojen määrän mukaan.

### 6.1.5 Muut tilat

Pikkutalokylästä löytyy yksi autopistokepaikka jokaiselle kylän asukkaalle, erillinen roskakatos sekä energiakontti, joka sisältää energiayhteisön tekniikan. Autopistokepaikkojen ja valaistuksen sähkönkulutus esitellään erillään energiankulutuslaskelmista ja niiden sähkönkulutus lisätään lopullisiin vuotuisiin sähkönkulutus arvioihin. Roskakatoksen sähkönkulutus koostuu pelkästään valaistuksesta, eikä roskakatoksen sijaintia määritellä pikkutalokyläen kiinteistökuivissa. Autopistokepaikkojen sähkönkulutus määritellään pikkutalojen lukumäärän mukaan.

Lämmöntuotantomuotona pikkutalokylässä toimii vaihtoehtoisesti maalämpö- tai mikro-chp-järjestelmä. Energiakontista löytyy myös pikkutalokylän lämminvesivaraajat, mikro-verkkojärjestelmän ohjausyksikkö sekä mahdolliset akkujärjestelmät. Pikkutalokylään suunnitellaan erillinen alue mahdolliselle aurinkopaneelientälle sekä pientuulivoimalalle. Aurinkopaneelientän ja pientuulivoimalan sijaintia ei esitellä diplomityössä. Energiakontin energiankulutusta ei lasketa diplomityössä eli sen sisäistä lämpökuormaa, lämpöenergiantarvetta tai sähkönkulutusta ei selvitetä.

Hiekkalämpövarastoja ei huomioida pikkutalokylän lämmönvarastoinnin muotona, vaan ylituotettu sähkö varastoidaan sähköakkuihin tai se hyödynnetään lämpimän veden lämmittämiseen energiakontissa sijaitseviin vesivaraajiin. Lämmin vesi ja lämpöenergia siirretään energiakontista pikkutalokylän rakennuksiin maanalla eristetyissä putkissa.

## 6.2 Tuuliolosuhteet Kostianvirran kylässä

Pientuulivoimalan suunnittelussa on oleellista tietää sijainnin tuuliolosuhteet. Tuuliolosuhteiden lisäksi suunnittelussa on huomioitava mihin tuulivoimala sijoitetaan ja kuinka korkealla turbiinin on oltava, ettei puustosta tai rakennuksista aiheudu turbulenssia. Diplomityössä ei käsitellä pientuulivoimalan tarkkaa sijoituskohtaa Kostianvirran kylässä vaan pohditaan pientuulivoimalan mahdollisuuksia olla yhtenä sähköntuotantomuotona tuuliolosuhteiden kautta.

Kostianvirran kylän tuulen nopeuden arvot kuukausitasolla on poimittu Ilmatieteenlaitoksen Tuuliatlaksen sivuilta. Tuulennopeuden arvot on kerätty taulukkoon 6.4. Arvot on mitattu 50 metrin korkeudelta, joten ne eivät toimi luotettavina arvoina mahdollisen pientuulivoimalan tuulennopeuksina. Pientuulivoimaloiden mastot ovat maksimissaan 30 metriä korkeita. Luotettavien arvojen saantia varten tuulimittaukset täytyisi toteuttaa tarkasteltavassa kohteessa useiden kuukausien, jopa vuosien ajalta.

**Taulukko 6.5** Kostianvirran tuulen nopeudet (m/s) kuukaudessa 50 metrin korkeudessa

Tammikuu	Helmi	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu
6,1	5,5	4,8	4,6	4,9	4,4	4,3	4,1	5,1	5,6	5,4	5,5

Taulukon 6.4 arvojen mukaan pientuulivoimala voisi olla yksi vaihtoehto sähköntuotanto muodoksi pikkutalokylässä. Voidaan olettaa, että tuulennopeus 30 metrin korkeudella on alhaisempi kuin taulukossa 6.5 ilmoitetut arvot, jolloin kesäisin sähköntuotanto voi jäädä erittäin pieneksi. Talvisin auringonsäteilyn määrän vähentyessä pientuulivoimalalla voitaisiin tuottaa sähköä pikkutalokylään. Pientuulivoimalan toimintateho voidaan laskea kaavalla (28)

$$P_t = \frac{1}{2} \rho_i C_p A_p v^3 \quad (28)$$

Jossa  $P_t$  on pientuulivoimalan toimintateho,  $C_p$  on tehokerroin eli hyötysuhteen maksimi,  $A_p$  on pyyhkäisyypinta-ala ja  $v$  on tuulen nopeus.

Pientuulivoimalan tehokerroin eli hyötysuhteen teoreettinen maksimi on keskimäärin 30–40 prosentin välillä. Pientuulivoimalan tehokertoimeen vaikuttaa mm. siivet, vaihteisto, laakerit sekä generaattori. Diplomityössä tehokertoimen arvona käytetään 35 prosenttia. Potkurin halkaisija määritellään tarvittavan generaattorin koon ja vuosituotannon mukaan hyödyntäen taulukon 6.6 tietoja. (Eklund, 2011)

**Taulukko 6.6** Potkurin halkaisijan määrittely (Eklund, 2011)

Potkurin halkaisija (m)	Generaattorin koko (kW)	Vuosituotanto (kWh)
2 - 3	0,2 - 1	alle 1 000
3 - 4	1 - 3	1 000 - 3 000
4 - 6	3 - 5	3 000 - 7 000
6 - 10	5 - 10	7 000 - 25 000

### 6.3 Auringonsäteily Kostianvirran kylässä

Aurinkosähköjärjestelmän sähköntuotannon laskemisessa selvitetään ensiksi auringonsäteilyn määrä tarkasteltavassa kohteessa sekä lämpötilan ja aurinkojärjestelmän korjauskertoimet. Aurinkosähköjärjestelmän kokonaistuotto sekä lämpötilan ja aurinkosähköjärjestelmän korjauskertoimet määritellään H. Häberlinin vuonna 2012 julkaistun kirjaan *Photovoltaics: system design and practice* perustuen. Diplomityössä ei käsitellä tarkemmin kirjan teoriaa tai laskukaavoja, vaan pelkät tulokset ilmoitetaan.

Pikkutalokylän tapauksessa aurinkopaneelit sijoitetaan maahan, vähäisen kattopinta-alan vuoksi. Paneelit asennetaan 45 asteen kulmaan kohdistettuna suoraan etelään. Lämpötilan korjauskertoimeen vaikuttaa paneelien lämpötilan vaihtelut ja aurinkosähköjärjestelmän korjauskertoimeen vaikuttaa mm. lumen määrä talvisin, paneelien likaantuminen sekä säteilyn heijastuminen paneeleihin.

Auringonsäteilyn määrä Kostianvirran alueella määritellään Euroopan Komission Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) -työkalulla. Sen avulla saadaan selvitettyä auringonsäteilyn määrä suoraan kuukausitasolla paneeleihin, jotka on asennettu 45 asteen kulmaan ja suunnattu etelään. Auringonsäteilyn määrä kuukausitasolla vuonna 2020 on listattu taulukkoon 6.7.

**Taulukko 6.7** Kostianvirran auringonsäteily 45 asteen kulmassa kuukaudessa (kWh/m<sup>2</sup>)

Tammikuu	Helmi	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu
18,89	52,6	102,48	158,18	190,16	184,5	152,49	153,58	94,4	42,74	20,61	3,23

Kokonaissähköntuotto pikkutalokylässä määritellään erikseen kumpaankin case-tapaukseen, kun tiedetään sähkönkulutuksen määrä pikkutalokylässä. Sähkönkulutuksen määrittelyn jälkeen suunnitellaan erikseen, kuinka monta paneelia tarvitaan ja kuinka suuri invertteri järjestelmään sopii.

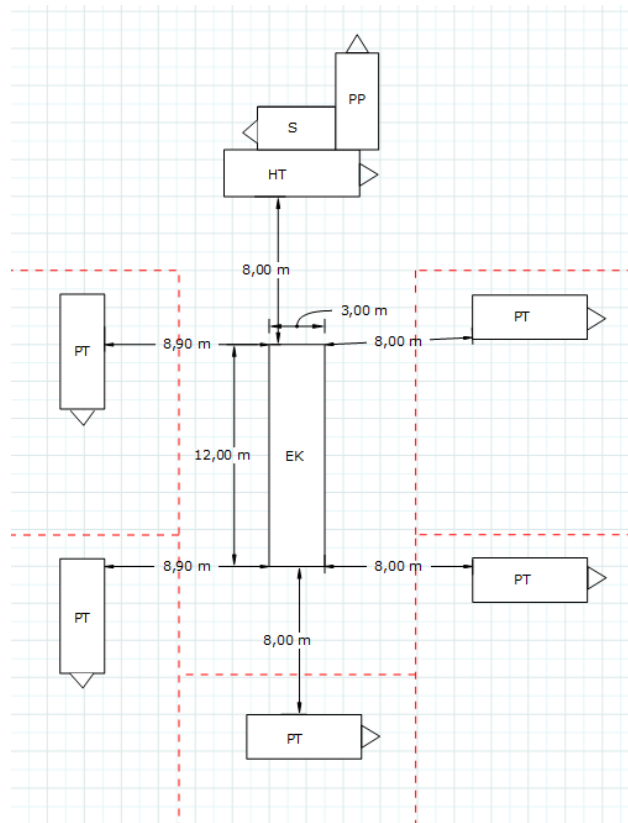
### 6.4 Case 1: Viiden pikkutalon energiayhteisö

Case 1 -konseptisuunnitelmassa pikkutalokylästä löytyy viisi omistuskäyttöön suunniteltua pikkutaloa sekä yhteistilat, kuten saunarakennus, pyykkitupa ja harrastustila. Case 1 -konseptisuunnitelman pikkutalokylän layout on nähtävissä kuvassa 6.1. Kuvasta 6.1 nähdään, että kahdessa pikkutalossa ulko-ovi osoittaa länteen päin ja kolmessa pikku-



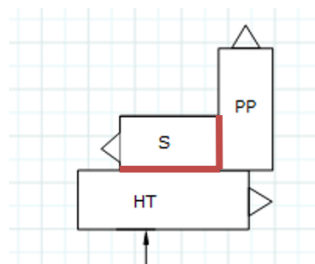
talossa ulko-ovi on etelään päin. Energiakontti sijaitsee kylän keskellä ja yleiset tilat pikkutalokylän pohjoisessa päädyssä. Pikkutalot sijaitsevat vähintään 8 metrin päässä energiakontista sekä muista rakennuksista täyttäen näin paloturvallisuusmääräykset. Energiayhteisö muodostuu kuudesta eri kiinteistöstä.

Rakennuksien lyhenteet kuvassa 6.1 tarkoittava: PP = Pyykkitupa, S = Saunarakennus, HT = Harrastustila, PT = Pikkutalo.



**Kuva 6.1** Case 1: Viiden pikkutalon energiayhteisön rakennusten sijoitus ja tonttijako.

Pikkutalokylän yhteiset tilat sijoitetaan rykelmänä omalle tontilleen (Kuva 6.2). Yhteisten tilojen eli saunarakennuksen, pyykkituvan ja harrastustilan ulkoseinät täytyy suojata vähintään EI 30 -luokan paloluokkavaatimuksella. Ikkunat, jotka sijaitsevat EI 30 -luokalla suojatulla seinällä täytyy olla kiinteitä ja kuulua vähintään E 15 -luokkaan sekä ikkunapinta-alan on jätävä alle kahteen neliöön. (Topten, 2021).



**Kuva 6.2** Yhteistentilojen palosuojaus

Kuten kuvasta 6.2 nähdään, saunarakennuksen ulkoseinä suunnitellaan molemminpuolista paloa vastaan. Tällöin harrastustilojen ja pyykkituvan seiniä ei tarvitse palosuojata.

### **6.4.1 Lämmitysenergian tarpeen arviointi**

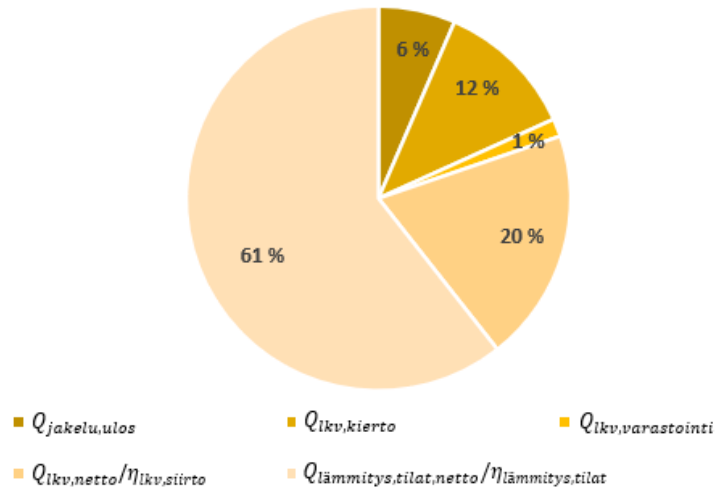
Lämmitysenergian tarpeen määrittely koostuu rakennuksien lämmitysenergian tarpeesta sekä lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituudesta ja lämmön jakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien pituuksista. Kiertojohdon ja meno- ja paluuputkien pituudet määritellään kuvan 6.1 mukaan. Rakennuksien välisiin mittoihin lisätään kaksi metriä putkien pituuksiin huomioimaan putkien osuudet rakennuksien sisällä sekä alla.

Keskimääräinen lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituus energiakontista etelään suunnattujen pikkutalojen välillä on 10 metriä, energiakontista länteen suunnattujen pikkutalojen välillä on 10,45 metriä sekä energiakontista yhteistiloihin on 10 metriä. Lämmön jakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien pituus lämmittämättömässä tilassa energiakontin ja rakennuksien välillä määritellään kaksinkertaisena lämpimän käyttöveden kiertojohdon pituudesta.

Vuorokaudessa yksi ihminen kuluttaa noin 155 litraa vettä, josta 40 % on lämmintä vettä (Koka, 2021) eli yksi pikkutalokylän asukas kuluttaa noin 62 litraa lämmintä vettä vuorokaudessa. Päivässä lämmintä vettä kuluu kolmen hengen pikkutalossa jo 186 litraa, joka tekee pikkutalojen lämpimän veden kokonaiskulutukseksi päivässä 930 litraa. Pikkutalokylän yleisien tilojen lämpimän veden kulutukseksi arvioidaan 10 litraa pikkutaloa kohden, joka tekisi yhteensä 50 litraa vuorokaudessa. Kokonaiskulutukseksi lämpimälle vedelle tulisi 980 litraa.

Todellisuudessa yhdessä pikkutalossa asuisi luultavasti 1–2 henkilöä kolmen sijasta. Pikkutalokylän energiankulutus silti suunnitellaan täyttämään kolmen hengen tarpeet. Lämpimän veden kulutuksen ollessa lähes 1000 litraa vuorokaudessa valitaan pikkutalokylän vesivaraajiksi kaksi 500 litran vesivaraaja, 100 mm eristeellä.

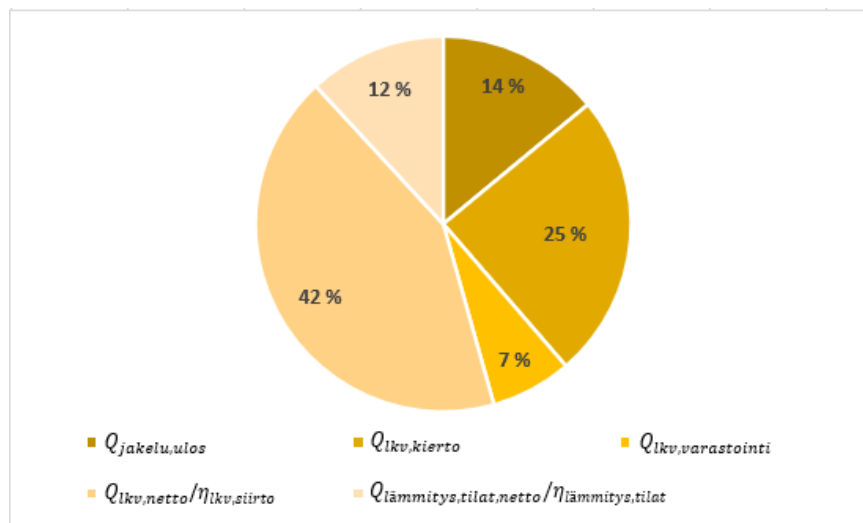
Tammikuun lämmitysenergiantarve eritellään lämmön jakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien, lämpimän käyttöveden kierron, varaajien lämpöhäviöiden sekä käyttöveden ja tilojen lämmityksen osalta. Lämmitysenergian jakaantuminen prosentuaalisesti on nähtävissä kuvassa 6.3.



**Kuva 6.3** Lämmitysenergian jakaantuminen tammikuussa.

Kuvasta 6.3 nähdään, että tammikuun lämmönjakeluun kuluu kokonaisenergian tarpeesta vain 6 % eli noin 600 kWh. Lämpimän veden kierto kuluu 12 % eli noin 1 100 kWh, lämpimän veden varastointiin kuluu vain 1 % eli 140 kWh ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen 20 % eli noin 1 850 kWh. Rakennuksien lämmitykseen kuluu kokonaislämpöenergian tarpeesta 61 % eli noin 5 700 kWh. Kokonaislämpöenergian tarve tammikuussa on noin 9 460 kWh.

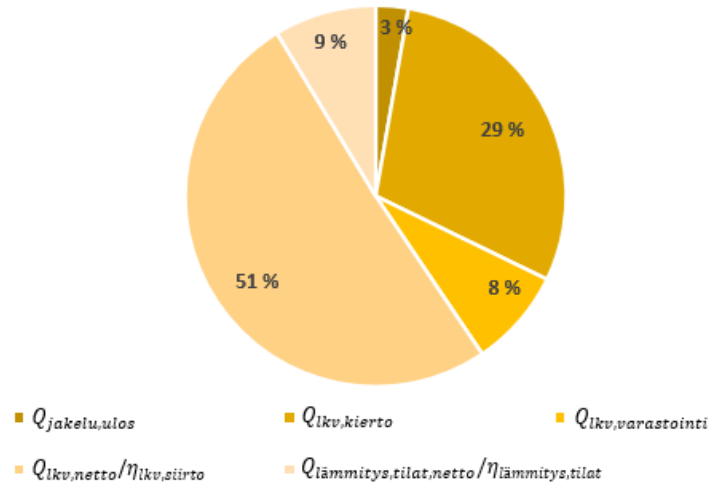
Kesäkuun lämmitysenergian tarve on nähtävissä kuvasta 6.4. Kokonaislämpöenergian tarve kesäkuussa on noin 4 350 kWh eli hieman yli 5 000 kWh vähemmän kuin tammikuussa.



**Kuva 6.4** Tapaus 1: Lämmitysenergian jakaantuminen kesäkuussa.

Tammikuun arvoista poiketen, kesäkuussa lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluu 42 % kokonaislämpöenergian tarpeesta eli noin 1 850 kWh. Tilojen lämmitykseen kuluu vain 12 % eli noin 515 kWh, kun taas lämmityksen jakeluun kuluu 14 % eli noin 610 kWh.

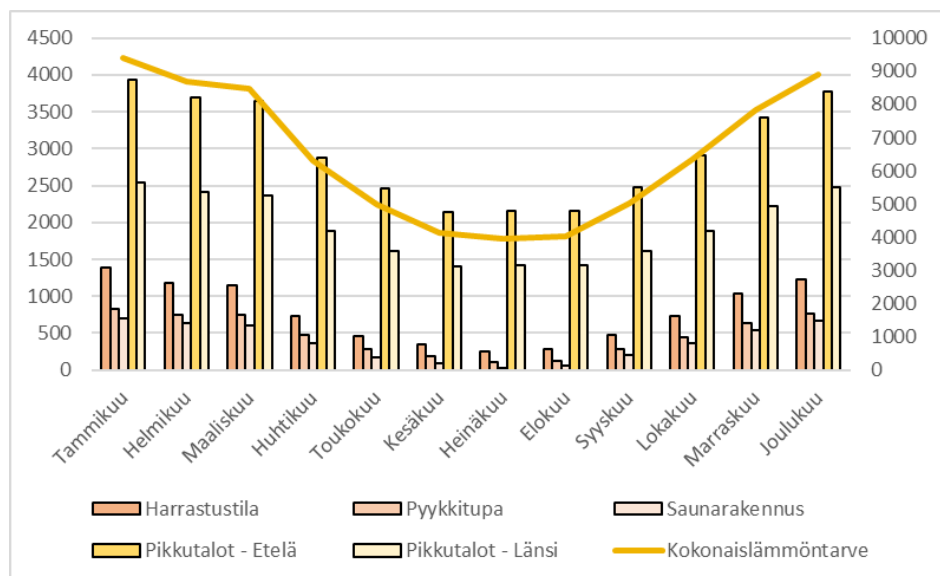
Pikkutalokylän lämmönsiirto ja tuotanto voidaan toteuttaa automaattisesti, jolloin kesäaikaan automatiikka sulki lämmönsäätöventtiilin sisätilojen lämpötilan pysyessä yli 18 asteessa. Pikkutalokylän lämmitysenergian tarpeen jakaantuminen, kun pikkutalojen lämmönsiirto suljetaan, on nähtävissä kuvassa 6.5. Pikkutalokylän kokonaislämmitysenergian tarve määritellään diplomityössä kuvan 6.4 mukaan.



**Kuva 6.5 Tapaus 2: Lämmitysenergian jakaantuminen kesäkuussa.**

Kuvan 6.5 kokonaislämmitysenergian tarve vähenee automatiikan avulla kesäkuun aikana jopa 700 kWh, kokonaislämmitysenergian tarpeen ollessa noin 3 635 kWh. Tilojen lämmitykseen kuluu 9 % eli noin 315 kWh ja jakeluun noin 3 % eli 100 kWh.

Kuvassa 6.6 on nähtävissä pikkutalokylän kokonaislämmöntarve sekä yhteistilojen, kolmen etelään suunnatun pikkutalon sekä kahden länteen suunnatun pikkutalon lämmitysenergiatarve kuukausitasolla.



**Kuva 6.6 Pikkutalokylän kokonaislämmitysenergiatarve**

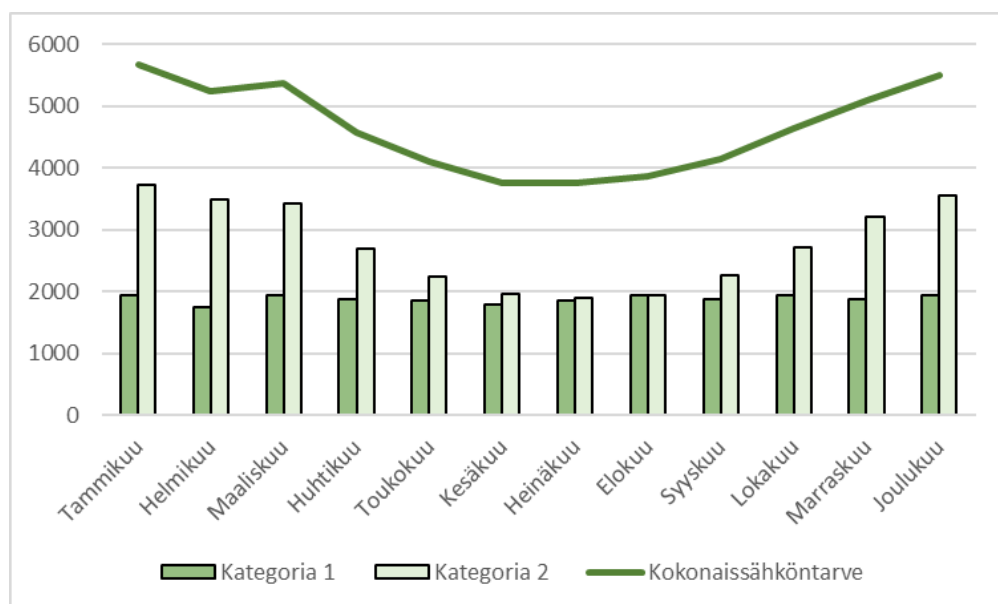
Pientaloissa kuluu vuodessa energiaa tyypillisesti 10 000–20 000 kWh lämpimän käyttöveden ja tilojen lämmittämiseen (Motiva, 2011). Pikkutalokylän kokonaislämpöenergian kulutus on noin 78 000 kWh vuodessa. Tästä arvosta yhden pikkutalon lämmittämiseen kuluu lähes 12 000 kWh vuodessa. Laskennoissa käytetyt kaavat ja arvot on tosin määritelty pientalojen energiankulutuksen laskemiseen, joten todellisuudessa pikkutalojen lämpöenergiatarve saattaa olla pienempi.

On myös huomioitava, että pikkutalojen lämmitys ja lämminkäyttövesi siirretään energiakontista. Siirtoihin kuluu vuodessa noin 3 500 kWh. Jos lämpöenergiaa ei siirrettäisi energiakontista, vaan tuotettaisiin pikkutalossa, pikkutalon lämmitysenergiatarve olisi noin 8 500 kWh. Pikkutalokylän lämmitysjärjestelmä mitoitetaan tammikuun lämpöenergiakulutuksen mukaan.

### 6.4.2 Sähköenergian tarpeen arviointi

Sähköenergian tarpeeseen tutustutaan kuukausitasolla ja se eritellään kahteen kategoriaan. Ensimmäiseen kategoriaan kuuluu valaistus, sähkölaitteet ja lämmitysjärjestelmän pumput. Toiseen kategoriaan kuuluu maalämpöjärjestelmän sähkönkulutus. Maalämpöjärjestelmän sähkönkulutus on laskettu COP-arvolla 3. Lisäksi pikkutalokylän pyykkituvan, autopistokkeiden sekä pihavalaisuksen sähkönkulutus lisätään lopulta vuotuisen sähkönkulutukseen.

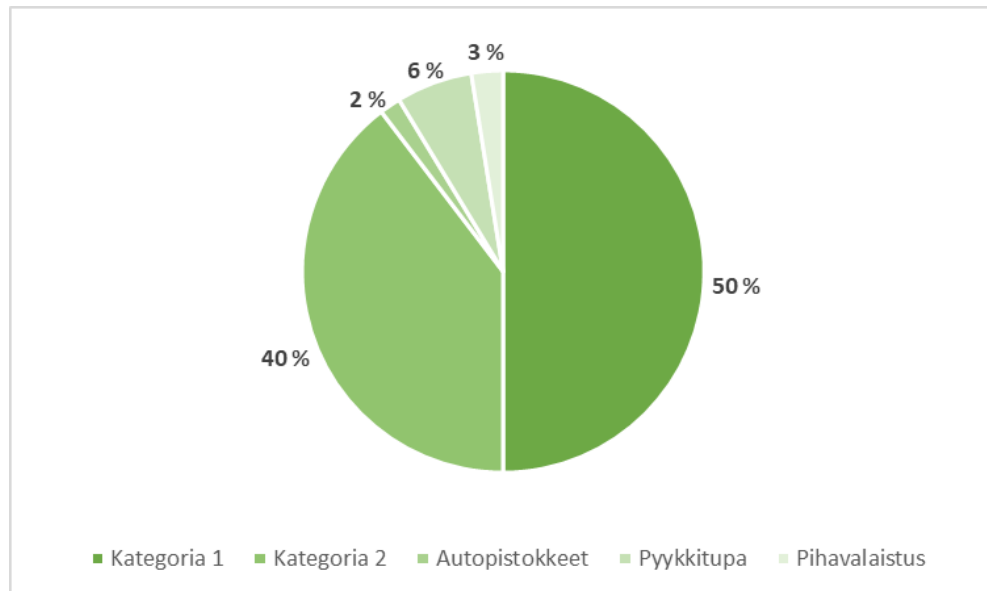
Sähköenergian tarve koko pikkutalokylän osalta on nähtävissä kuvassa 6.7. Kuvasta 6.7 nähdään, että ensimmäisen kategorian sähkönkulutus pysyy tasaisena vuodenajasta riippuen, kun taas toisen kategorian sähkönkulutus laskee lähes puolella kesäaikana.



**Kuva 6.7** Pikkutalokylän kokonaissähköenergiatarve

Tammikuussa kokonaissähkönkulutus on noin 5 660 kWh ja kesäkuussa 3 760 kWh. Karkeasti laskettuna, huomioimatta hetkellisiä kuormia sähköä täytyisi tuottaa tammikuussa noin 7,6 kWh/h. Ilman maalämpöjärjestelmää, sähkönkulutus olisi tammikuussa noin 1 890 kWh, eli karkeasti laskettuna vain 2,6 kWh/h. Sähköntuotannon pitäisi pystyä reagoimaan myös hetkellisiin kuormiin, joten sähkötehoa täytyy olla saatavilla hetkellisesti reippaasti enemmän kuin esimerkiksi 2,6 kWh/h. Sähkövarastot voisivat olla yksi tapa tukea sähköntuotantoa hetkellisten kuormien aikana.

Pihavalaistus kattaa 560 neliön alueen, jolloin vuotuinen sähkönkulutus vuodessa on 1 120 kWh ja autopistokkeiden vuotuinen sähkönkulutus on 750 kWh. Pyykkitupa kuluttaa vuodessa 540 kWh asuntoa kohde, sisältäen kuivausrummun ja pyykinpesukoneen käytön, jolloin koko kylän pyykkituvan sähkönkulutus on 2 700 kWh vuodessa. Sähkönkulutuksen jakaantuminen vuodessa on nähtävissä kuvassa 6.8. Kuvassa 6.8 eritellään kategoria 1, kategoria 2 sekä autopistokkeet, pihavalaistus ja pyykkitupa.



**Kuva 6.8** Vuotuinen sähköenergiatarpeen jakautuminen

Kuvasta 6.8 nähdään, että vuoden aikana kategorian 1 sähkönkulutus vie 50 % eli noin 22 000 kWh tarvittavasta sähköenergiasta, kun taas kategoriaan 2 kuuluva maalämpöjärjestelmä kuluttaa 40 % eli noin 17 500 kWh, kun COP-luku on 3.

### 6.4.3 Lämmitysjärjestelmän mitoitus

Lämmitysjärjestelmä mitoitetaan tuottamaan tarpeeksi lämpöä pikkutalokylän korkeimman lämpöenergiatarpeen mukaan. Tammikuussa lämpöenergiaa tarvitaan pikkutalokylän rakennuksien ja lämpimän veden lämmitykseen 9 460 kWh. Jaettuna määrä tammi-

kuun tunneilla saadaan lämpöenergian tarpeen määräksi noin 12,7 kWh/h. Lämpöjärjestelmän pitäisi siis pystyä tuottamaan lämpöä vähintään 12,7 kW tunnissa ollessaan päällä 24 h/vrk. Luonnollisesti kovemilla pakkasilla tai korkeamman vedenkulutuksen seurauksena lämpöä tarvitsee tuottaa enemmän.

Case 1 -tapauksessa pikkutalokylän energiantarve tuntia kohden on lopulta suhteellisen alhainen, jolloin se voidaan toteuttaa pelkästään mikro-CHP-järjestelmällä. Lämmitysjärjestelmäksi valitaan ÖkoFENin Pellematic Condens\_e pelleteillä lämpöä tuottava järjestelmä, johon on integroituna eReady -lisäosa sähköntuotantoon. Pellematic Condens\_e -järjestelmän nimellislämmitysteho on 14,5 kW. eReady-lisäosan stirling-moottorin sähköntuotannosta kerrotaan tarkemmin luvussa 6.4.4.

Pellematic Condens\_e nimellisteholla tuotetun lämmön hyötysuhde on 96 prosenttia ja lämmitystehon ollessa 30 % hyötysuhde on 93 %. Sähkönkulutus järjestelmässä nimellisteholla on 35,6 W ja lämmitystehon ollessa 30 % sähkönkulutus on 14,9 W. Laitteiston ollessa valmiustilassa sähkönkulutus on 7 W. Mikro-CHP-laitoksen sähkönkulutusta ei huomioida pikkutalokylän kokonaissähkötarpeessa. (ÖkoFEN, n.d).

Pellematic Condens\_e on kooltansa kompakti, vieden tilaa vain turvaetäisyydet huomioiden alle 3,5 neliötä. Pellettien säilytys tosin vie reippaasti enemmän tilaa, esimerkiksi n. 8 tonttia pellettejä vaatii vähintään 6,5 neliön lattia alan, korkeuden ollessa 2,4 metriä. Pellematic Condens\_e on myös integroitavissa aurinkosähköjärjestelmään ja akustoon. (ÖkoFEN, n.d).

#### **6.4.4 Sähköntuotannon mitoitus**

Pikkutalokylässä sähköä voidaan tuottaa mikro-CHP-tekniikan lisäksi aurinkosähkön tai tuulivoiman avulla. Ensin selvitetään, kuinka paljon sähköntuotantoa tarvitaan mikro-CHP-järjestelmän lisäksi pikkutalokylässä. Tämän jälkeen tutustutaan tuulivoiman mahdollisuuksiin toimia sähköntuotantomuotona sijainnin kannalta. Lopuksi mitoitetaan kuinka monta aurinkopaneelia pikkutalokylään olisi järkevä asentaa, ettei sähköä tuotetaisi ylitarpeiden.

Pellematic Condens\_e -järjestelmään lisäosana asennettava eReady voi tuottaa 1 kW tehon 50 Hz taajuudella (Ökofen, n.d). Oletuksena Pellematic Condens\_e voisi siis tuottaa lähes 24 kWh vuorokaudessa. Järjestelmä ei todellisuudessa olisi kuitenkaan koko-aikaa päällä, vaan lämpöä ja sähköä voitaisiin tuottaa hetkillä, jolloin kulutus olisi korkeimmillaan tai kun sähköä ei ole tarjolla aurinko- tai tuulivoimalla. Luonnollisesti järjestelmällä kannattaa tuottaa sähköä aina kun pellettejä poltetaan. Tällöin ylimääräinen sähköntuotanto voitaisiin varastoida akkuihin.

Kuten luvussa 6.2 todettiin, pientuulivoimala voisi olla yksi ratkaisu tuottaa sähköä pikkutalokylässä. Case 1 -tapauksessa sähkönkulutus ilman maalämpöjärjestelmää on hyvin tasaista ympäri vuoden, mutta tuuliolosuhteet eivät. Taulukon 6.5 mukaan tuuliolosuhteet ovat tuottoisimmat syyskuusta helmikuuhun, tuulen voimakkuuden ollessa yli 5 m/s, kun taas auringonsäteilyn ollessa alhaisimpia taulukon 6.7 mukaan syyskuusta maaliskuuhun. Näiden arvojen valossa tuulivoimalla voitaisiin tuottaa sähköä vuoden pisimmimpinä aikoina tukemaan aurinkosähköntuotantoa.

On oleellista tiedostaa, ettei laskuissa huomioida hetkellisiä muuttujia, koska niitä ei tunneta. Kulutuksen oletetaan jakautuvan kuukausitasolla, kuten myös tuotannon. Näin ei todellisuudessa ole. Tuulennopeus on hetkittäin reippaasti korkeampi kuin taulukon 6.6 kuukauden keskiarvot ja useana päivänä saattaa olla niin, ettei tuotantoa tule tuulivoimalasta ollenkaan.

Pikkutalokylän aurinkosähköjärjestelmä mitoitetaan samalla periaatteella. Käyttäen kuukausittaisia keskiarvoja.

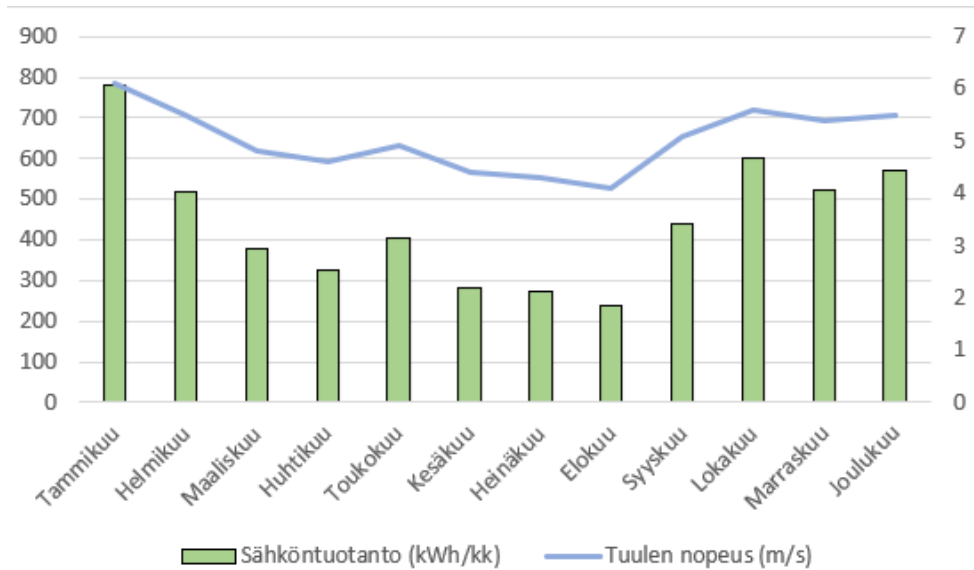
Sähköntarve vuodessa on noin 26 600 kWh, kun huomioidaan kategorian 1 sähkönkulutus, pihavalaistus, autopistokkeet sekä pyykkituvan kulutus. Sähkönkulutus vuodessa on siis enemmän kuin taulukossa 6.6 määriteltyjen pientuulivoimaloiden mahdollinen vuosituotanto. Pientuulivoimala lähdetään mitoittamaan selvittämällä talvikauden mahdollinen tuotannon määrä eri potkurinhalkaisijoilla. Tuulivoimalan toimintateho on laskettu kaavalla 28 ja tulokset on esitelty taulukossa 6.8.

**Taulukko 6.8 Pientuulivoimalan toimintateho (kW)**

Kuukausi	m/s	Potkurin halkaisija m				
		3,5	5	6	8	10
Syyskuu	5,1	0,235	0,479	0,689	1,225	1,914
Lokakuu	5,6	0,310	0,634	0,912	1,622	2,534
Marraskuu	5,4	0,278	0,568	0,818	1,454	2,272
Joulukuu	5,5	0,294	0,600	0,864	1,537	2,401
Tammikuu	6,1	0,401	0,819	1,179	2,096	3,276
Helmikuu	5,5	0,294	0,600	0,864	1,537	2,401

Mikro-chp-järjestelmä tuottaa lämpöä lähes jokaisena tuntina talvikaudella, jolloin perustuotantona voidaan ajatella 1 kWh/h. Sähköntuotannon karkea arvio tunti tasolla vuodessa on 3.0 kWh/h, jolloin tuulivoimalan kokoa ei kannattaisi mitoittaa paljoa yli 2 kW, ettei ylituotantoa syntyisi. Näiden määritelmien saatossa päädytään valitsemaan 8 metrin halkaisijaltaan oleva pientuulivoimala, jolloin sähköntuotanto pysyy keskimäärin alle 2 kWh/h. Vuotuinen sähköntuotanto on ilmoitettu kuvassa 6.9.





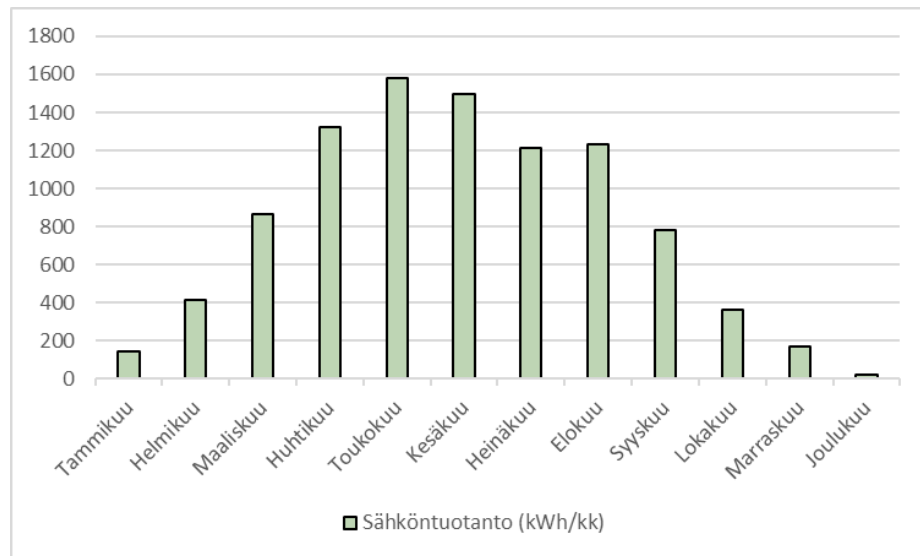
**Kuva 6.9** Pientuulivoimalan tuotto ja tuulennopeus

Kun tiedetään pientuulivoimalalla tuotettu sähköenergian määrä, voidaan mitoittaa aurinkojärjestelmän koko. Ensin selvitetään, kuinka paljon sähköä tarvitsee tuottaa kesäaikana pientuulivoimalan tuoton jälkeen. Taulukon 6.7 mukaan auringonsäteily on voimakainta toukokuussa. Aurinkosähköjärjestelmän koko mitoitetaan toukokuun sähkötarpeen mukaan, ettei jälleen syntyisi ylituotantoa.

Toukokuussa pikkutalokylä kuluttaa sähköä noin 2 000 kWh. Mikro-CHP-laitoksella tuotettua sähköä ei huomioida kesäkaudella. Sähköä tuotetaan mikro-CHP-laitoksella tilanteen niin vaatiessa, silloin kuin lämpöä tarvitaan mm. veden lämmittämiseen. Tuulivoimalla tuotetaan toukokuussa n. 400 kWh. Eli aurinkosähköjärjestelmällä täytyisi tuottaa noin 1600 kWh toukokuussa, ettei ylituotantoa syntyisi.

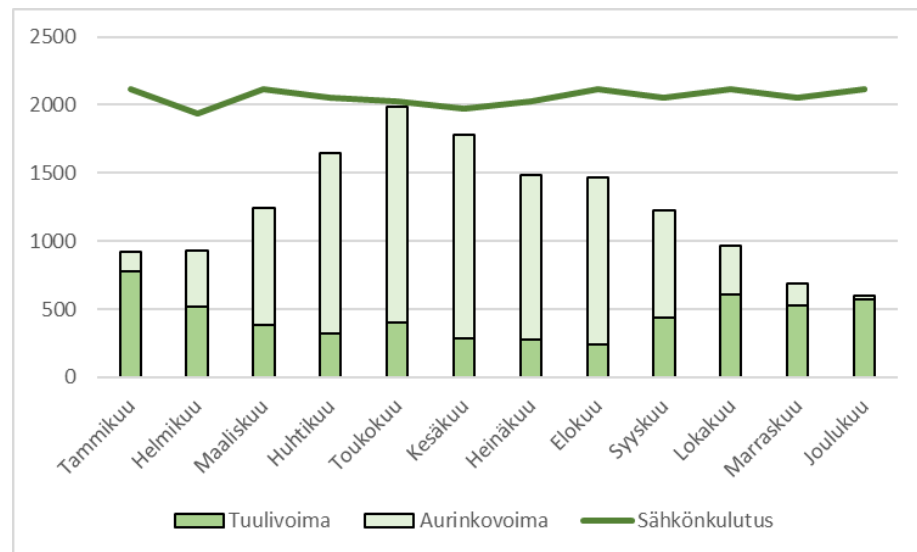
Hyödyntämällä luvussa 6.3 mainittua H., Häberlinin kirjaa voidaan määrittellä aurinkosähköjärjestelmän koko. Aurinkosähköjärjestelmien invertterien hyötysuhde on yleensä välillä 96,5–98,2 % (Aurinkovirta.fi, 2022). Invertterin hyötysuhteena käytetään pikkutalokylän aurinkosähköjärjestelmän koon määrittelyssä 97 prosenttia. Määrittelemällä järjestelmän nimelliseksi huippuarvoksi 10 kW, saadaan tuotannon määräksi 1 577 kWh toukokuussa (Liite 13).

Paneelien lukumäärä määritellään järjestelmän huippuarvosta 10 kW. Yhden paneelin huippuarvoksi määritellään 350 W, jolloin paneeleita tarvitaan ylöspäin pyöristäen 29 kappaletta. Kun tiedetään tarvittavan järjestelmän koko, voidaan mitoittaa invertterin koko. Invertterin kokoa ei ole tarpeellista mitoittaa diplomityön kannalta. Koko vuoden aurinkosähköjärjestelmän tuotanto on nähtävissä kuvassa 6.10.



**Kuva 6.10** Aurinkosähkijärjestelmän tuotto

Kun tiedetään pientuulivoimalalla ja aurinkosähkijärjestelmällä tuotetun sähkönmäärä, voidaan selvittää kuinka paljon sähkön tarpeesta jää vajaaksi. Kuvassa 6.11 on eriteltynä sähkönkulutus ja tuulivoimalla ja aurinkosähkijärjestelmällä tuotetun sähkönmäärä.



**Kuva 6.11** Pikkotalokylän sähköntuotto ja kulutus

Kuvasta 6.11 nähdään, että sähköä ei pystytä tuottamaan tarpeeksi koko vuoden tarpeisiin. Vaikka kuvassa 6.11 huomioitaisiin mikro-CHP-laitoksen sähköntuotanto maksimilla, eli 744 kWh/h kuukaudessa, ei se riittäisi kattamaan talviuukausien sähkönkulutusta. Pientuulivoimalan kokoa voitaisiin suurentaa, mutta tuotannon ollessa täysin riippuvaista tuuliolosuhteista ei se takaisi pikkotalokylän mahdollisuuksia toimia täysin irrallaan verkosta. Tuloksista nähdään, että pikkotalokylää ei ole mahdollista irrottaa julkisesta verkosta kokonaan.

Pelkästään sähköntuotanto ei ole ongelma pikkutalokylän mahdollisuuksista toimia irrallaan julkisesta verkosta. Myös tuotannon ollessa täysin riippuvaista sääolosuhteista ei voitaisi varmistaa tarvittavia resursseja yllättäviin ja korkeisiin kuormitustilanteisiin. Akustolla voitaisiin tasapainottaa järjestelmää hetkittäin, mutta useamman päivän ajan se ei olisi kannattavaa. Pikkutalokylän akusto kannattaisikin suunnitella varastoimaan energiayhteisössä vain ylituotettu sähkö.

### 6.4.5 Energiayhteisömallin valinta

Case 1 -tapauksen pikkutalokylä voisi soveltua kiinteistön sisäiseen tai verkolliseen energiayhteisömalliin. Pikkutalokylän asuinrakennukset on suunniteltu omistusasunnoiksi, mikä tarkoittaa, että energiayhteisö ei omista pikkutaloja. Case 1 -tapauksessa pikkutalot ja yhteiset tilat sekä energiakontti sijaitsevat eri kiinteistöillä, näin ollen energiayhteisö koostuu kuudesta eri kiinteistöstä.

Energiayhteisö voitaisiin määritellä kiinteistön sisäiseksi energiayhteisöksi, energiayhteisötyypin 1B mukaan, jos energiayhteisö toteutettaisiin yhdelle yhteiselle kiinteistölle. Tässä energiayhteisömallissa pikkutalokylän jäsenet omistaisivat vain pikkutalon, jonka he voisivat tuoda määritetylle alueelle yhteisellä tontilla ja viedä pikkutalon pois muuttaessaan energiayhteisöstä. Alueet, joille pikkutalot sijoitettaisiin, olisivat energiayhteisön haltijan eli esimerkiksi taloyhtiön omistuksessa. Tällöin jäsenet maksaisivat yhtiövästikettä taloyhtiölle energiankulutuksesta, yhteisien tilojen käytöstä ja alueesta, johon pikkutalo sijoitetaan.

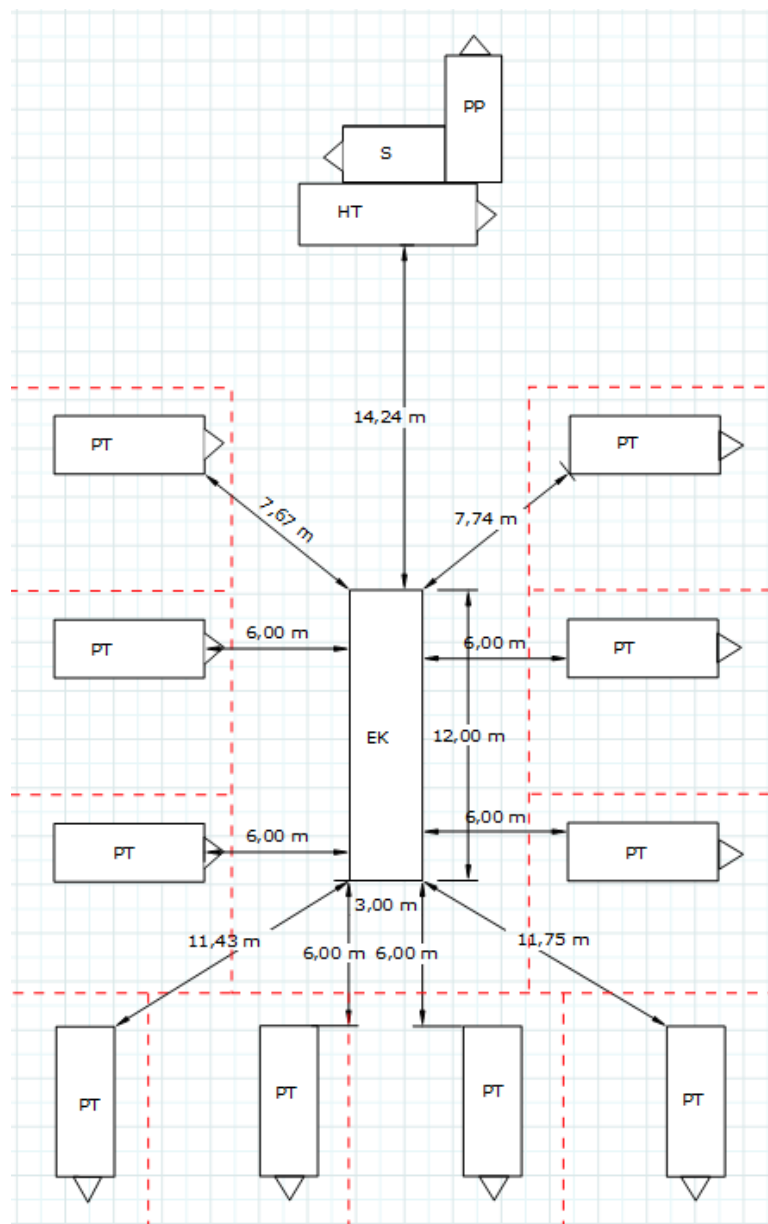
Koska energiayhteisö muodostuu useammasta eri kiinteistöstä, energiayhteisö olisi järkevää toteuttaa verkollisena energiayhteisönä. Se tarjoaisi energiayhteisön jäsenille mahdollisuuden ostaa tontit omikseen. Energiayhteisön energiakontti olisi liitetty jakeluverkkoon ja energiakontin kautta tarjottaisiin sähkön- ja lämmönkulutusta energiayhteisön jäsenien kulutuksen mukaan. Yhteisten tilojen lämmitys- ja sähkönkulutus jaettaisiin yhteisön jäsenien kesken ja yhteistiloja ylläpidettäisiin yhteisössä jäsenien kesken talukoovoimilla. Näin jäsenien ei tarvitsisi maksaa erillistä yhtiövästikettä taloyhtiölle.

Verkollinen energiayhteisö tarjoaisi jäsenilleen mahdollisuuden ostaa mieluisen kokoisen tontin ja sijoittaa pikkutalonsa sille suunnitellulle paikalle. Tontin omistaminen helpottaisi myös mahdollisten piharakennuksien rakentamista. Jokainen jäsen maksaisi tässä tapauksessa vain omasta energiankulutuksen käytöstä sekä jaetusti yhteistilojen energiankulutuksesta. Tosin, toistaiseksi verkollista energiayhteisömallia ei ole lainsäädännöllisesti mahdollista toteuttaa sisäisen sähköverkon osalta. Verkollinen energiayhteisömalli tarjoaisi jäsenilleen vapauden, mikä on yksi pikkutaloasumisen kulmakivistä.

## 6.5 Case 2: Kymmenen pikkutalon energiayhteisö

Case 2 -konseptisuunnitelmassa pikkutalokylä koostuu kymmenestä vuokratyöhön suunnitellusta pikkutalosta sekä yhteistiloista, muodostaen taloyhtiön. Case 2 -konseptisuunnitelman pikkutalokylän layout on nähtävissä kuvassa 6.12. Case 2 -tapauksen pikkutaloista kuusi on suunnattu etelään ja neljä länteen. Energiakontti on sijoitettu keskelle pikkutalokylää sekä yhteiset tilat löytyvät pohjoisesta päädyistä. Pikkutalojen pohjoiseen suunnattu seinä on suojattu paloturvallisuusmääräyksiensä mukaisesti, jolloin pikkurakennukset voidaan sijoittaa lähemmäksi toisiaan.

Rakennuksien lyhenteet kuvassa 6.12 tarkoittava: PP = Pyykkitupa, S = Saunarakennus, HT = Harrastustila, PT = Pikkutalo.



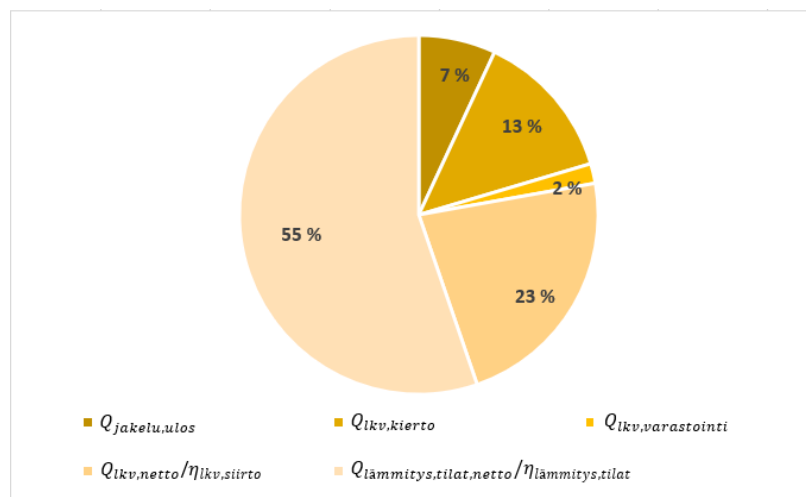
**Kuva 6.12** Case 2: Rakennusten sijoitus, tonttijako ja palosuojaus.

### 6.5.1 Lämmitysenergian tarpeen arviointi

Lämmitysenergian tarpeen mitoitusta toteutetaan samalla periaatteella kuin Case 1 -tapauksessa. Kiertojohtoon ja meno- ja paluuputkien pituudet määritellään kuvan 6.12 mukaisesti ja rakennuksien etäisyyksiin energiakontista lisätään kaksi metriä. Keskimääräinen lämpimän käyttöveden kiertojohtoon pituus energiakontista etelään suunnattujen pikkutalojen välillä on noin 8,57 metriä, länteen suunnattujen pikkutalojen välillä on noin 10,8 metriä ja yhteistiloihin 16,24 metriä. Lämmön jakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien pituus on kiertojohtoon pituus kaksinkertaisena.

Vedenkulutus vuorokaudessa kymmenessä kolmen hengen pikkutalossa on 1860 litran ja yleisien tilojen lämpimän vedenkulutukseksi arvioidaan 100 litraa. Pikkutalokylän lämpimän vedenkokonaiskulutukseksi vuorokautta kohden olisi tällöin 1960 litraa. Pikkutalokylän vesivaraajiksi valitaan neljä 500 litran vesivaraajaa, 100 mm eristeellä. Valitsemalla neljä 500 litran vesivaraajaa kahden 1000 litran vesivaraajan sijasta varmistetaan, että vettä saadaan lämmitettyä tarpeeksi nopeasti vastaamaan kulutusta.

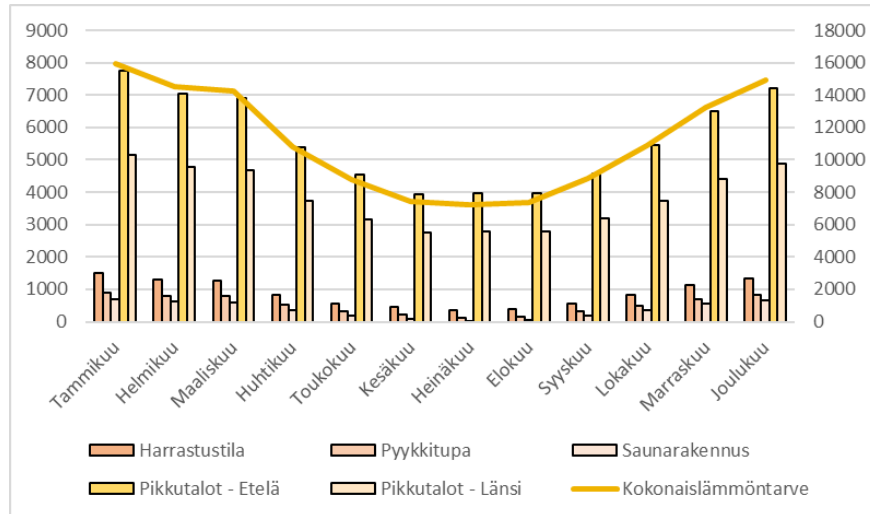
Tammikuun lämmitysenergian tarve eritellään lämmön jakelujärjestelmän meno- ja paluuputkien, lämpimän käyttöveden kierron, varaajien lämpöhäviöiden sekä käyttöveden ja tilojen lämmityksen osalta. Lämmitysenergian jakaantuminen prosentuaalisesti on nähtävissä kuvassa 6.13.



**Kuva 6.13** Lämmitysenergian jakaantuminen tammikuussa.

Kuvasta 6.13 nähdään, että tammikuun lämmönjakeluun kuluu kokonaisenergian tarpeesta vain 7 % eli noin 1 110 kWh. Lämpimän veden kiertoon kuluu 13 % eli noin 2 150 kWh, lämpimän veden varastointiin kuluu 2 % eli noin 280 kWh ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen 23 % eli noin 3 600 kWh. Rakennuksien lämmitykseen kuluu kokonaislämpöenergian tarpeesta 55 % eli noin 8 820 kWh. Kokonaislämpöenergian tarve tammikuussa on noin 15 960 kWh.

Kuvassa 6.14 on nähtävissä pikkutalokylän kokonaislämmöntarve ja rakennustyypeittäin kuluva energiantarve kuukausitasolla.

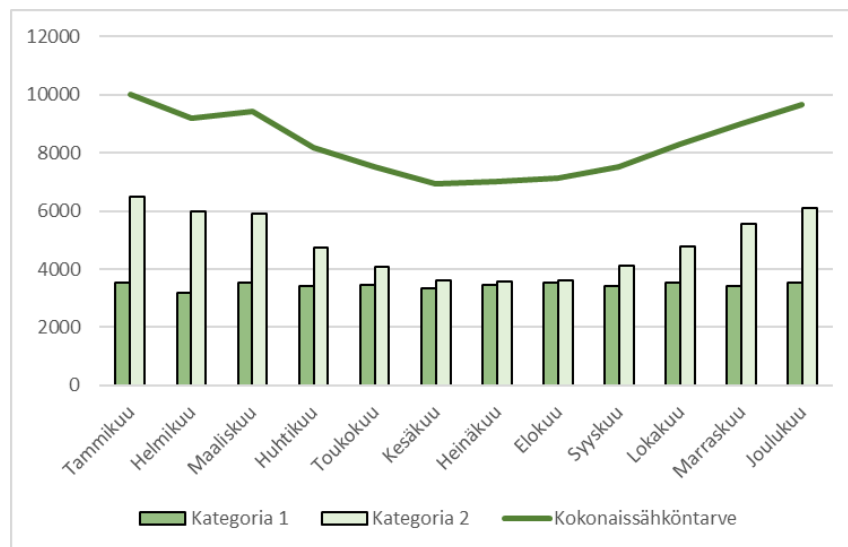


**Kuva 6.14** Pikkutalokylän kokonaislämmitysenergian tarve.

Pikkutalokylän kokonaislämpöenergian kulutus on noin 134 180 kWh vuodessa. Pikkutalokylän lämmitysjärjestelmä mitoitetaan tammikuun lämpöenergiankulutuksen mukaan, koska silloin lämmitysenergian tarve on korkeimmillaan, noin 15 960 kWh.

### 6.5.2 Sähköenergian tarpeen arviointi

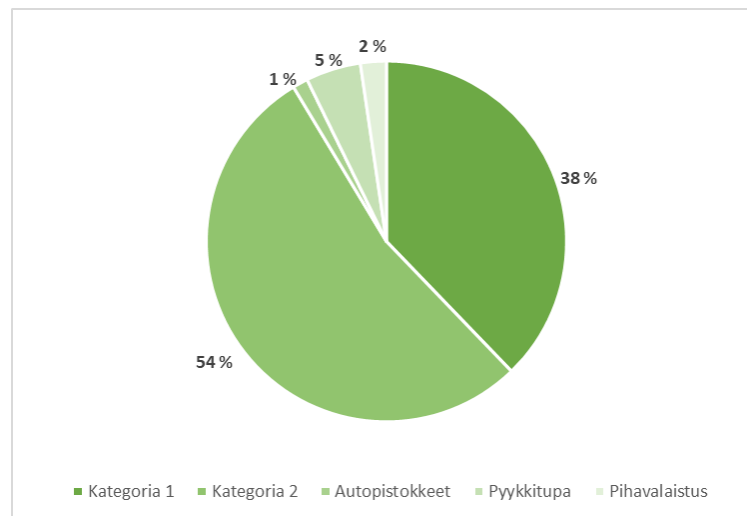
Case 2 -tapauksen sähköenergian tarve määritellään samalla tavalla kuin Case 1 -tapauksessa. Pikkutalokylän sähköntarve ilmoitetaan kuukausitasolla kategorioiden 1 ja 2 kautta. Autopistokkeiden, pihavalaistuksen ja pyykkituvan laitteiden sähkönkulutus huomioidaan vuoden kokonaissähkönkulutuksessa. Sähköenergian tarve kategorioiden 1 ja 2 osalta on nähtävissä kuvassa 6.15.



**Kuva 6.15** Pikkutalokylän kokonaissähköenergian tarve

Tammikuussa kokonaissähkönkulutus on noin 10 000 kWh ja kesäkuussa 6 950 kWh. Karkeasti laskettuna, huomioimatta hetkellisiä kuormia sähköä täytyisi tuottaa tammikuussa noin 13,4 kWh/h. Ilman maalämpöjärjestelmää, sähkönkulutus olisi tammikuussa noin 3 530 kWh, eli karkeasti laskettuna 4,7 kWh/h.

Pihavalaistus rajoittuu noin 1 270 neliölle, jolloin pihavalaistuksen sähkönkulutus vuodessa on 2 540 kWh ja autopistokkeiden sähkönkulutus vuodessa on 1 500 kWh. Pyykkituvan sähkönkulutus on 5 400 kWh vuodessa. Sähkönkulutuksen jakaantuminen vuodessa on nähtävissä kuvassa 6.16. Kuvassa 6.16 eritellään kategoria 1, kategoria 2 sekä autopistokkeet, pihavalaistus ja pyykkitupa.



**Kuva 6.16** Vuotuinen sähköenergiatarpeen jakautuminen

Kuvasta 6.16 nähdään, että vuoden aikana kategorian 1 sähkönkulutus on 38 % eli noin 41 300 kWh tarvittavasta sähköenergiasta, kun taas kategoriaan 2 kuuluva maalämpöjärjestelmä kuluttaa 54 % eli noin 58 500 kWh, kun COP-luku on 3. Kokonaissähkönkulutus vuodessa on noin 109 300 kWh.

### 6.5.3 Lämmitysjärjestelmän mitoitus

Lämmitysjärjestelmä mitoitetaan tuottamaan tarpeeksi lämpöä pikkutalokylän korkeimman lämpöenergiatarpeen mukaan. Tammikuussa lämpöenergiaa tarvitaan pikku-talokylän rakennuksien ja lämpimän veden lämmitykseen 15 960 kWh. Jaettuna määrä tammikuun tunneilla saadaan lämpöenergian tarpeen määräksi noin 21,5 kWh/h. Lämpöjärjestelmän pitäisi siis pystyä tuottamaan lämpöä vähintään 21,5 kWh/h ollessaan päällä 24 h/vrk. Luonnollisesti kovemilla pakkasilla tai korkeamman vedenkulutuksen seurauksena lämpöä tarvitsee tuottaa enemmän.

Case 2 -tapauksessa pikkutalokylän energiatarve päätetään tuottaa maalämpöjärjestelmällä. Maalämpöjärjestelmäksi valitaan Niben S1155-25 (Liite 14), jonka vakiooteho on

25 kW. COP-luku määritellään ulkoilman lämpötilan mukaan. Ulkoilman lämpötilan ollessa yli 12 astetta COP-luku on 4,7, mutta talvella lämpötilan ollessa -7 astetta COP-luku on 3,0. Maalämpöjärjestelmän sähkönkulutus lasketaan tarkemmin luvussa 6.5.4 (Nibe Energy Systems, 2020).

Nibe S1155-25 on erittäin kompakti ja vie tilaa alle puoli neliötä. Korkeutta maalämpöpumpulla on 1,5 metriä (Nibe Energy Systems, 2020). Toisin kuin mikro-CHP-järjestelmä, maalämpöjärjestelmää ei voida siirtää helposti paikasta toiseen maalämpökaivon vuoksi. Tämä poistaa mahdollisuuden siirtää pikkutalokylää alueelta toiseen ilman uuden maalämpökaivon kaivamista.

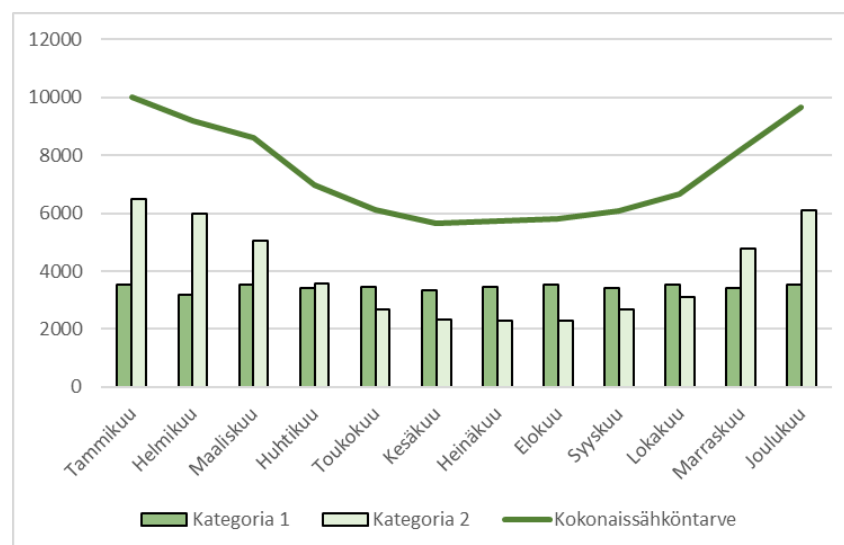
### 6.5.4 Sähköntuotannon mitoitus

Sähköntuotannon mitoitus aloitetaan selvittämällä ensin valitun maalämpöjärjestelmän sähkönkulutus, jolloin saadaan tietää pikkutalokylän todellinen sähköntarve. COP-luvut määritellään kuukausien ulkoilman keskiarvoisen lämpötilan mukaan taulukossa 6.9.

**Taulukko 6.9** Maalämpöpumpun COP-luku

Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu
3,0	3,0	3,5	4,0	4,6	4,7	4,7	4,7	4,6	4,6	3,5	3,0

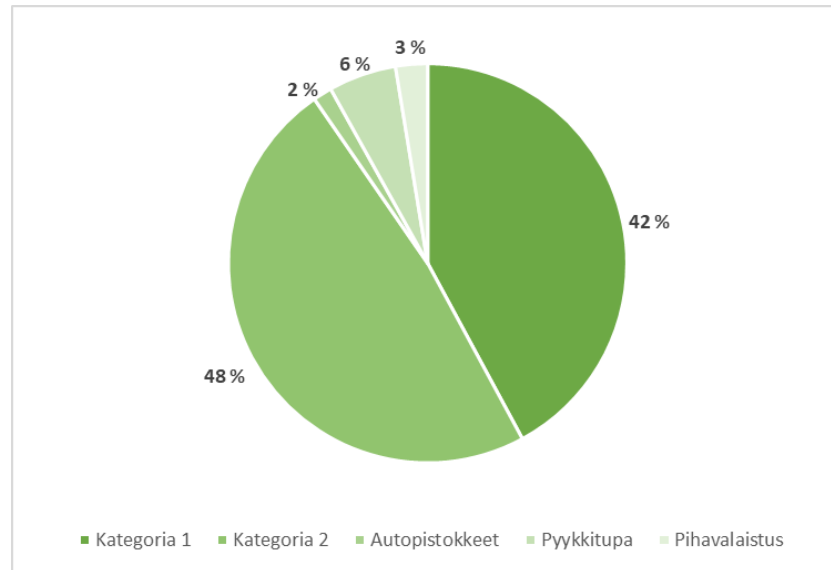
COP-luku laskee huomattavasti talvikaudella, jolloin lämmitysenergian tarve olisi suurinta. Tarkempien COP-lukujen jälkeen voidaan määrittellä sähkönkulutus pikkutalokylässä uudelleen (kuva 6.17).



**Kuva 6.17** Pikkutalokylän korjattu kokonaissähköenergiantarve.



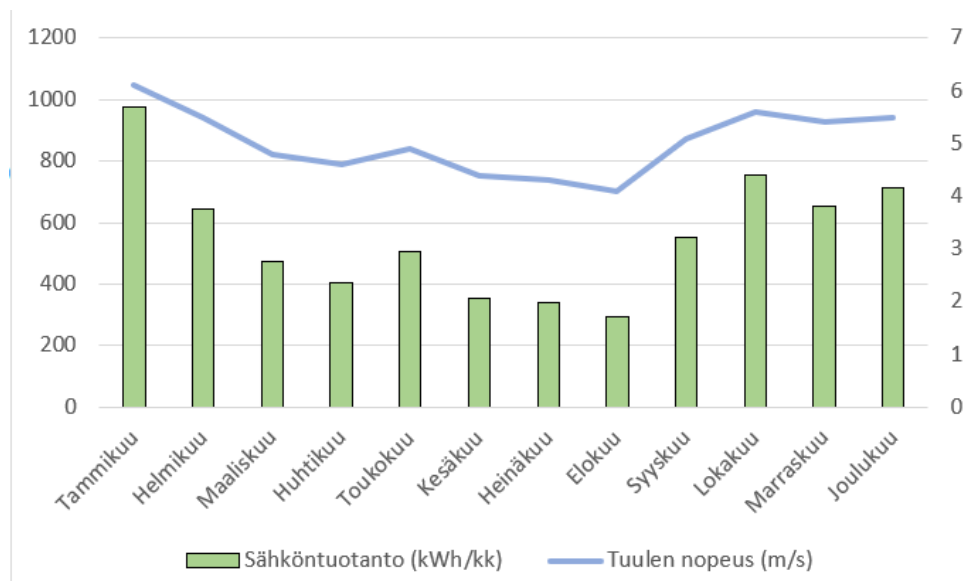
Kokonaissähköenergiantarve ei muuttunut tammikuun osalta, mutta kesäkuussa sähköenergiantarve laski noin 1 310 kWh. Koko vuoden sähköenergiantarve väheni noin 11 300 kWh. Vuoden sähköenergiatarpeen jakaantuminen on nähtävissä kuvassa 6.18.



**Kuva 6.18** Korjattu vuotuinen sähköenergiantarpeen jakautuminen

Pikkotalokylän vuoden korjattu sähköenergiantarve on noin 98 000 kWh. Karkeasti laskettuna sähköä pitäisi tuottaa vuoden tuulisimpana kuukautena, tammikuussa noin 13,4 kWh/h. Pikkotalokylän sijainnissa on mahdollista tuottaa sähköä tammikuussa pientuulivoimalalla, jonka potkurin halkaisija on 10 metriä vain noin 3,3 kW.

Pikkotalokylään suunnitellaan asennettavaksi pientuulivoimala, jonka potkurin halkaisija on 10 metriä. Pientuulivoimalalla vuotuinen sähköntuotanto on nähtävissä kuvassa 6.19.

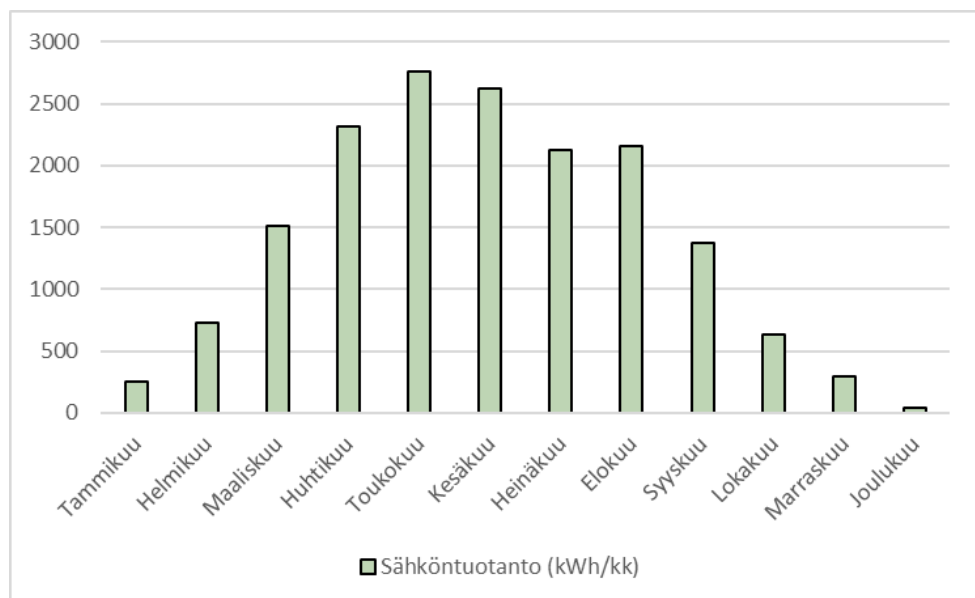


**Kuva 6.19** Pientuulivoimalan tuotto ja tuulennopeus

Kun tunnetaan pientuulivoimalalla tuotetun sähköenergian määrä, voidaan mitoittaa aurinkojärjestelmän koko. Aurinkojärjestelmän koko suunnitellaan toukokuun sähköenergiantarpeen mukaan, kun auringosta saatavan energian määrä on suurinta. Näin mahdollisesti vältytään tuottamasta sähköenergiaa yli tarpeiden.

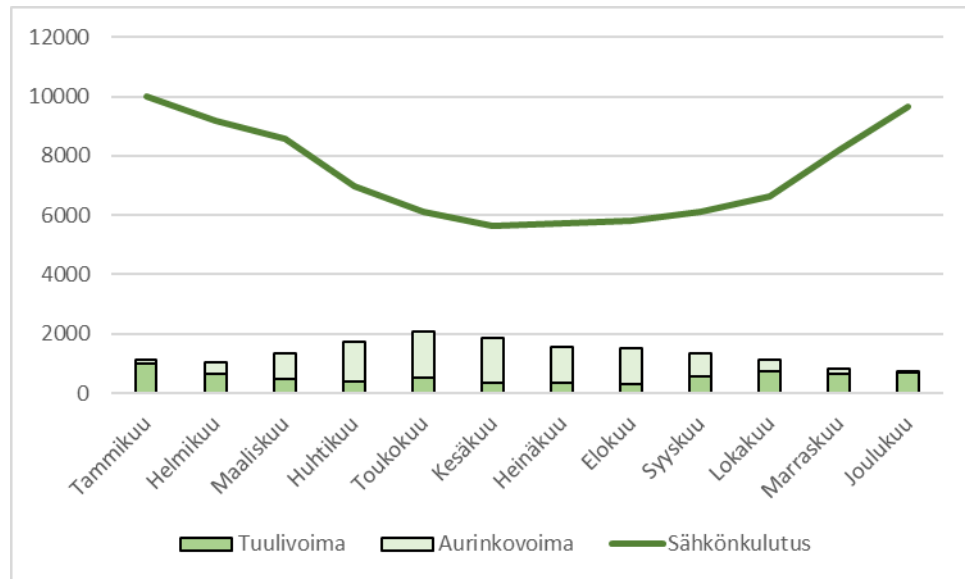
Toukokuussa pikkutalokylä kuluttaa sähköä noin 6 120 kWh. Tuulivoimalla tuotetaan toukokuussa sähköä noin 500 kWh. Eli aurinkosähköjärjestelmällä voidaan tuottaa sähköä lähemmäs 5 620 kWh. Case 1 -tapauksessa aurinkojärjestelmän paneelien lukumäärä oli 29 kappaletta, jolloin saatiin tuotettua sähköä lähemmäs 1 600 kWh toukokuussa. Tämä tarkoittaisi, että paneeleita täytyisi olla yli 100 kappaletta, että sähköä voitaisiin tuottaa lähimainkaan tarpeeksi täyttämään kylässä tarvittavan sähköenergian määrä toukokuussa. Aurinkosähköjärjestelmän tuotto vuodenaikana lasketaan samalla tavalla kuin Case 1 -tapauksessa.

100 kappaleen aurinkopaneelikenttä suhteessa pieneen pikkutalokylään vaikuttaa liian suurelta. Pikkutalokylän jäsenien vihreitä aatteita tukemaan pikkutalokylään päätetään asentaa 5 aurinkopaneelia pikkutaloa kohden eli aurinkopaneelija asennetaan yhteensä 50 kappaletta. Yhden paneelin huippuarvo on 350 W, jolloin järjestelmän huippuarvo olisi 17,5 kW. Invertterin hyötysuhteeksi määritellään 97 prosenttia. Koko vuoden aurinkosähköjärjestelmän tuotanto on esitetty kuvassa 6.20.



**Kuva 6.20** Aurinkosähköjärjestelmän tuotto

Aurinkosähköjärjestelmä tuottaa sähköä toukokuussa noin 2760 kWh. Nyt kun tiedetään pientuulivoimalalla ja aurinkosähköjärjestelmällä tuotetun sähkön määrä, voidaan selvittää, kuinka paljon sähköä täytyy ostaa julkisesta verkosta. Kuvasta 6.21 nähdään tuulivoimalla ja aurinkovoimalla tuotettu sähkö suhteessa sähköenergiantarpeeseen.



**Kuva 6.21** Pikkutalokylän sähköntuotto ja kulutus

Kuvasta 6.21 nähdään, että sähköä täytyy ostaa julkisesta verkosta lähes 4 000 kWh joka kuukausi. Pikkutalokylää ei ole mahdollista irrottaa julkisesta verkosta, vaikka pikkutalokylästä löytyisi sähkövarastoja varastoimaan aurinko- ja tuulivoimalla hetkellisesti ylituotettua sähköä. Sähkövarastot ovatkin järkevää mitoittaa Case 2 -tapauksessa vain varastoimaan päivisin tuotettu ylituotettu sähkö.

### 6.5.5 Energiayhteisömallin valinta

Case 2 -konseptisuunnitelmassa rakennukset sijoitetaan yhdelle tontille, josta jaetaan jokaisen pikkutalon käyttöön oma piha-alue. Esimerkiksi taloyhtiö tai osuuskunta muodostaa energiayhteisön ja hallinnoi sitä. Energiayhteisömalliksi valitaan kiinteistön sisäinen energiayhteisö, tyyppi 1B, koska energiayhteisö muodostuu yhdelle kiinteistölle ja jäsenien energiankulutusta mittaroi taloyhtiö.

Taloyhtiö muodostaa sopimuksen sähkönmyyjän ja jakeluverkkoyhtiön kanssa. Taloyhtiö hoitaa energiayhteisön jäsenien energiankulutuksen mittaroinnin ja laskuttaa jäseniään heidän kulutuksensa mukaan. Yhteisten tilojen energiankulutus jaetaan energiayhteisön jäsenien kesken ja niistä syntyvät kulut sisällytetään vuokraan. Kun energiasta veloitetaan lämmön- ja sähkönkäytön osalta pikkutalokohtaisesti, se motivoi ihmisiä kuluttamaan vähemmän.

Energiayhteisö tarjoaa jäsenilleen mahdollisuuden kuulua osaksi yhteisöä, jossa energiayhteisö tarjoaa uusiutuvien energioiden käytön ilman, että niitä tarvitsee itse hankkia. Energiankulutuksen seurannalla pääsee vaikuttamaan myös omiin energiakustannuksiin. Energiayhteisö luo myös yhteisöllisyyttä jäsenien kesken, joka vahvistaa jo pikkutalojen tuomaa yhteneväisyyttä jäsenien kesken.

## 7. KEHITYS- JA JATKOTUTKIMUSIDEAT

Diplomityön aihe oli erittäin laaja, minkä seurauksena asioita jouduttiin oikaisemaan monesta eri kohdasta. Tämän seurauksena konseptisuunnitelmassa saatuja tuloksia ei voida pitää tarkkoina. Ne toimivat suuntaa antavana tietona mahdollisesta energiankulutuksesta ja -tuotosta sijaintiinsa nähden. Diplomityön yhtenä tarkoituksena oli herättää mielenkiintoa ja kartuttaa tietoa pikkutaloja sekä energiayhteisöjä kohtaan. Konseptisuunnitelmana pikkutalokylän energiayhteisö tarjoaa useita kehitys- ja jatkotutkimusideoita.

Konseptisuunnitelmaa voitaisiin kehittää mm.:

- Suunnittelemalla ja määrittelemällä pikkutalokylän sijainti sekä rakennukset tarkemmin, jolloin energiankulutuslaskelmista saataisiin tarkemmat tulokset. Esimerkiksi rakennuksien kylmäsiltoja ei pystytty määrittelemään rakennusten pohjakuvista.
- Määrittelemällä pientuulivoimalan tarkka sijainti, jolloin myös rakennuksien ja kasvillisuuden mahdollinen turbulenssi voitaisiin huomioida. Samoin mittaamalla tuuliolosuhteet pientuulivoimalan potkureiden korkeudelta vuoden ajalta, jolloin tarkemmat sähköntuottoarviot voidaan tehdä.
- Määrittelemällä myös aurinkopaneelikentän sijainti suhteessa energiakonttiin. Jolloin mahdolliset häviöt sähkönsiirrossa pientuulivoimalasta ja aurinkopaneelikentältä voitaisiin määritellä.
- Tutkimalla laitteiden yhtäaikaisen käytön aiheuttamia kuormia, jolloin mm. sähkövarastojen kapasiteetti voitaisiin suunnitella tukemaan energiayhteisön verkkoa.
- Vertailemalla sähkönkulutusta sähköntuottoon tuntitasolla.
- Case 2 -tapauksessa harkita mikro-CHP-järjestelmää maalämpöjärjestelmän rinnalle tukemaan lämmöntuotantoa talvikausille, jolloin COP-luku on pienimmillään.
- Huomioimalla sähköenergian tarpeen laskennoissa sähköautojen latauspisteet ja niiden sähkönkulutus.

Konseptisuunnitelman jatkotutkimusideoita ovat mm.:

- Toteuttaa haastatteluja henkilöiltä, jotka asuvat jo pikkutaloissa. Verrata laskennallisia tuloksia todellisiin kulutuksiin.
- Toteuttamaa kyselyitä, joilla selvitetään kiinnostusta pikkutalokylä ja energiayhteisöjä kohtaan.
- Selvittää pikkutalokyläiden mahdollisuuksia toimia väliaikaisesti hätmajoitusratkaisuina tai opiskelija-asuntoina.
- Tutkia pikkutalokyläiden kilpailukykyä asuntomarkkinoilla ja määrittää mahdolliset kilpailijat.
- Laskea energiayhteisön rakennuksien kustannukset, määrittää vuokran suuruus ja selvittää kustannuksien takaisinmaksuaika.
- Laskea energiayhteisön infran investoinnin määrä ja määrittää energiayhteisön lämmön- ja sähköntuotantojärjestelmien takaisinmaksuaika.

## 8. YHTEENVETO

Tässä diplomityössä käsiteltiin pikkutalojen tämänhetkistä tilannetta Suomessa, niin lainsäädännön kuin rakennuttajien ja malliesimerkkien kautta sekä tutustuttiin pikkutalokyliin maailmalla. Pikkutalojen suosio kasvaa vuosittain, mutta toistaiseksi selkeiden ohjeiden puute rakentamismääräyksien osalta hidastaa pikkutalojen yleistymistä Suomessa. Pikkutalokyliä ei Suomesta löydy toistaiseksi.

Diplomityössä käytiin läpi eri energiayhteisömalleja, jotka voisivat toimia pikkutalokylissä. Energiayhteisöt ovat vielä uusi ilmiö Suomessa, eikä niiden konseptia ja hyötyjä osata tunnistaa. Energiayhteisöjen lainsäädäntö on vielä kehittymässä, mutta nykyisellä lainsäädännöllä on mahdollista toteuttaa useita eri energiayhteisömalleja. Energiayhteisöjen älykkäät mikroverkot mahdollistavat mm. joustavan ja optimoidun energianhallinnan sekä kulutuksen seurannan. Diplomityössä myös tutustuttiin erilaisiin energiantuotantomuotoihin, joilla konseptisuunnitelman case-tapauksien pikkutalokyliin voitaisiin tuottaa lämpöä ja sähköä.

Tässä diplomityössä etsittiin vastauksia neljään tutkimuskysymykseen, joihin vastataan kysymyskohtaisesti alla:

### **Takaavatko pienemmät neliöt pienemmän energiankulutuksen?**

Kuten energiankulutus laskelmista ilmeni, täysin varusteltu pikkutalo kuluttaa lämpöenergiaa noin 8 500 kWh vuodessa, kun pientalo kuluttaa 10 000–20 000 kWh vuodessa. Pikkutalon asuineliöiden määrä oli laskelmissa 14,5 neliötä, kun taas pientalossa on yli 50 neliötä. Asuinrakennuksissa lämminkäyttövesi on suurin energiankuluttaja. Pienemmät asuineliöt eivät välttämättä takaa pienempää energiankulutusta suhteessa asuineliöiden määrään. On tärkeää myös huomioida, että pikkutalojen energiantarve määriteltiin pientaloille määriteltyjen kaavojen ja arvojen avulla, jolloin tulokset myös voivat olla todellisuutta suuremmat. Tarkempien tuloksien saanti ja vertailu teoreettisiin arvoihin vaatisi konkreettisia mittaustuloksia pikkutalon todellisesta energiankulutuksesta.

### **Miten sähkön- ja lämmöntuotanto voitaisiin toteuttaa case-tapauksissa, niin ettei ylituotantoa syntyisi?**

Case 1 -tapauksen lämpöenergian kokonaistarve energiayhteisössä on 78 000 kWh vuodessa ja sähköenergian kokonaistarve 26 500 kWh. Case 2 -tapauksessa lämpöenergian kokonaistarve on noin 134 200 kWh ja sähköenergian kokonaistarve 98 000 kWh. Sähköenergian kokonaistarve eroaa suuresti Case 1 ja Case 2 -tapauksien välillä lämmöntuotantoratkaisun seurauksena.

Case 1 -tapauksessa lämmöntuotanto toteutettiin mikro-CHP-tekniikalla. Pellettejä polttoaineena käyttävän laitoksen nimellislämmitysteho on 14,7 kW. Lämmön lisäksi, järjestelmä voi tuottaa noin 1 kW sähköä stirling-moottoria hyödyntäen. Pikkutalokylän sijainnin tuulennopeudet 50 metrin korkeudessa antoivat viitteitä, että mahdollisesti pientuulivoimalalla voidaan tuottaa sähköä energiayhteisön käyttöön. Pientuulivoimalan potkurin halkaisijaksi määriteltiin 8 metriä. Pientuulivoimala voi mahdollisesti tuottaa noin 5 330 kWh vuodessa. Tuulennopeudet täytyisi mitata vuoden ajalta varmempien tuloksien saantiin. Lopuksi energiayhteisöön suunniteltiin huippuarvoltaan 10 kW aurinkosähköjärjestelmä. Aurinkosähköjärjestelmällä voidaan tuottaa sähköä 9 600 kWh vuodessa. Lämmöntuotanto mikro-CHP-järjestelmällä riittää tuottamaan tarvittavan lämpöenergian määrän tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. Sähköntuotanto mitoitettiin kuukausitasolla niin, ettei tuotantoa syntyisi yli. Päiväkohtaisesti sähköä saatetaan tuottaa tarvetta enemmän.

Case 2 -tapauksessa lämmöntuotanto toteutettiin maalämpöjärjestelmällä. Pikkutalokylän lämpöteho saatiin tuotettua maalämpöpumpulla, jonka vakioteho on 25 kW. Sähköntuotanto toteutettiin pientuulivoimalalla, jonka potkurin halkaisijaksi määriteltiin 10 metriä. Pientuulivoimalalla sähköä voidaan mahdollisesti tuottaa noin 6670 kWh vuodessa. Energiayhteisöön muodostettiin myös aurinkopaneelikenttä, jonka koko määriteltiin pikkutalojen määrän mukaan. Jokaista pikkutaloa kohden asennettiin 5 paneelia, näin ollen järjestelmän huippuarvo olisi 17,5 kW, kun paneelien huipputeho on 350 W. Aurinkosähköjärjestelmällä voidaan tuottaa lähes 16 800 kWh vuodessa.

Diplomityössä ei suunniteltu akkuvarastojen kokoa, jolloin mahdollisen ylituotannon määrää, joka voitaisiin akkuihin varata ei voitu määrittellä. Oletuksena pidettiin, että hetkellisesti päivän aikana ylituotettu sähkö pystyttäisiin varastoimaan akkuihin ja niihin varastoitu sähkö kulutettaisiin yön tai tulevien päivien aikana. Luotettavimpien tuloksien saanti sähkönkulutuksesta vaatisi tarkempaa tilannekohtaista tutkimista hetkellisistä kuormista sekä sähköntuotannosta tuntitasolla.

### **Onko mahdollista toteuttaa case-tapauksiin julkisesta verkosta irrotettava energiayhteisö?**

Verkosta irrallaan oleva saarekekäyttöön pohjautuva ratkaisu ei ole mahdollista. Molempien case-tapauksien sähkönkulutus on liian suurta kuukausitasolla, että energiayhteisöä voitaisiin irrottaa julkisesta verkosta. Case 1 -tapauksen kohdalla, kesäkuukausina tuotanto saattaisi riittää satunnaisina päivinä ylimääräisen sähkön varastointiin, jolla energiayhteisö voitaisiin irrottaa julkisesta verkosta saarekkeeksi muutamiksi tunneiksi tai jopa päiviksi. Tämä vaatisi lisätutkimusta mahdollisten akkuvarastojen kapasiteetin määrittelyyn sekä pientuulivoimalan tarkemman mitoituksen. Käytännössä tosin, Case

1-tapauksen energiayhteisön jäsenet voivat kuluttaa reippaasti vähemmän sähköä kuin laskelmissa on saatu tuloksiksi, tällöin kesällä julkisesta verkosta saarekkeeksi irrottautuminen olisi mahdollista.

### **Mikä energiayhteisömalli sopii case-tapauksiin ja mitä hyötyjä se tarjoaa?**

Case 1 -tapauksessa sopivin energiayhteisömalli olisi verkollinen energiayhteisö, koska energiayhteisö muodostuu useamman kiinteistön välille. Energiayhteisö hallinnoisi energiakonttia, aurinkosähköjärjestelmää sekä pientuulivoimalaa. Energiayhteisö tarjoaisi jäsenilleen mahdollisuuden hyödyntää uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettua sähköä paikallisesti hankkimatta järjestelmiä omalle kiinteistöllensä. Jäsenet muodostaisivat energiayhteisön haltijan kanssa sähkösopimuksen, ja energiayhteisön haltija huolehtisi energiankulutuksen mittaroinnista ja yhteisön jäsenien laskutuksesta. Verkollista energiayhteisöä ei nykyisellä lainsäädännöllä ole mahdollista toteuttaa. Jos konseptisuunnitelman tapainen energiayhteisö perustettaisiin nykyisen lainsäädännön aikana, täytyisi sen energiayhteisömallin olla joku muu.

Case 2 -tapauksessa energiayhteisömalliksi valittiin kiinteistön sisäinen energiayhteisö, tyyppi 1B. Energiayhteisömalli tarjoaisi energiayhteisön jäsenille mahdollisesti edullisemmän hinnan sähkölle ja energialle, kuin julkisesta verkosta ostettuna siten, että jokaisella jäsenellä olisi oma liittymä. Energiayhteisön hallitsija muodostaa sopimuksen sähkönmyyjän ja jakeluverkkoyhtiön kanssa. Energiayhteisöön muodostetaan yksi liittymispiste jakeluverkkoon, jolloin erillisistä sopimuksista ei tarvitse maksaa kuukausimaksuja. Energiayhteisö veloittaa jäseniään energiankulutuksen mukaan.

Molemmissa case-tapauksissa energiayhteisö myös toimisi markkinointivalttina, paikallisesti tuotetun energian avulla. Älykkäät ratkaisut energiayhteisön sisäisessä mikroverkossa mahdollistaisi energiankulutuksen seurannan, joka helpottaisi energiayhteisön jäseniä seuraamaan omaa energiankulutustaan. Oman energiankulutuksen seuranta motivoisi kuluttamaan myös vähemmän.

Lopulta voidaan todeta, ettei konseptisuunnitelmassa suunniteltuja pikkutalokyliä ole rakennuslainsäädännön pohjalta mahdollista toteuttaa nykyisellä lainsäädännöllä, vaikka sähkömarkkinalaki mahdollistaisikin kiinteistön sisäisen energiayhteisön muodostamisen. Nykyiset rakentamismääräykset eivät mahdollista alle 20 neliöisten rakennuksien toimia ympärivuotisina asuntoina. Energiankulutuksen kannalta katsoen, pikkutalot eivät tarjoa vastinetta pienien neliöidensä kautta. Loppujen lopuksi, pikkutaloasuminen on aate. Aate, joka perustuu yhteisöllisyyteen, pienempään hiilijalanjälkeen, yksinkertaisempaan elämään ja taloudelliseen vapauteen, edullisempien kokonaisrakennuskustannuksien kautta.



## LÄHTEET

Ajokortti-info, 2022. Peräkärryn vetäminen. Viitattu: 02.04.2022. Saatavissa: <https://ajokortti-info.fi/fi/perustietoa-ajokortista/perakarryn-vetaminen?toggle=Per%C3%A4k%C3%A4rry%C3%A4%20vet%C3%A4v%C3%A4n%20kuljettajan%20muistilista>

Aurinkovirta.fi, 2022. Invertteri. Viitattu: 18.04.2022. Saatavissa: <https://www.aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkovoimala/invertteri/>

Caruna, n.d. Sähkönkulutus – Näin tiedät paljonko sähkölaitteesi kuluttavat. Viitattu: 26.03.2022. Saatavissa: <https://www.caruna.fi/palvelut/omat-sahkoasiat/sahkolaitteiden-energiankulutus>

Eco Concept, 2021. Micro CHP, Tuota sähköä kiinteistösi lämmityksen yhteydessä. Viitattu: 10.03.2022. Saatavissa: <http://www.ecoconcept.fi/micro-chp/>

Eerola, H., 2017. Aurinkolämpöä kaukolämmön rinnalla Voutilakeskuksessa. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: <https://www.loimua.fi/ajassa-ja-blogi/aurinkolampoa-kaukolammon-rinnalla-voutilakeskuksessa/>

Eklund, E., 2011. Jokamiehen opas pientuulivoima käyttöön. Tampereella tuulee -projekti. Viitattu: 16.04.2022. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/6010/Joka\\_miehen\\_opas\\_pientuulivoiman\\_kayttoon.pdf](https://www.motiva.fi/files/6010/Joka_miehen_opas_pientuulivoiman_kayttoon.pdf)

Elenia, n.d. Aurinkopaneelien hankintaopas. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: [https://www.helen.fi/globalassets/aurinko/aurinkopaneelien\\_hankintaopas.pdf](https://www.helen.fi/globalassets/aurinko/aurinkopaneelien_hankintaopas.pdf)

Elenia, n.d. Energiayhteisö-käsikirja. Viitattu: 10.02.2022. Saatavissa: <https://www.elenia.fi/files/7de35936c413685a502e8cfe531bdc1e42653201/elenia-energiayhteisokasikirja.pdf>

Euroopan Komissio, n.d. Photovoltaic Geographical Information System - PVGIS-ERA5. Monthly Irradiation Data. Viitattu: 16.04.2022. Saatavissa: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)

Finder, 2020. Rataskodit Oy. Viitattu: 15.01.2022. Saatavissa: <https://www.finder.fi/Muu+muualla+luokittelematon+erikoistunut+rakennustoiminta/Rataskodit+Oy/Kuusamo/yhteystiedot/3309354>

Gemeente Rotterdam, n.d. Tiny houses in Rotterdam. Viitattu: 18.01.2022. Saatavissa: <https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/tiny-houses/>

HAMK, n.d. Vähähiilistä energiatehokkuutta mikro-chp-tekniikalla (Venect). Viitattu: 11.03.2022. Saatavissa: <https://www.hamk.fi/projektit/vahahiilista-energiatehokkuuttamikrochp-tekniikalla-venect/>

Hollmén, I., 2021. UUTTA ENERGIASSA: Lämpöä Hiekkaan. Viitattu: 03.03.2022. Saatavissa: <https://energiayrittajyys.fi/?q=content/uutta-energiassa-lampoa-hiekkaan>

Häberlin, H., 2012. Photovoltaics: system design and practice. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd. Viitattu: 16.04.2022.

Ilmasto-opas.fi, n.d. Biomassan tuotanto ja polttoaineen käyttö ratkaisevassa roolissa bioenergian ilmastohyötyjä arvioitaessa. Viitattu: 10.03.2022. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/c14a79cd-d384-41f4-a422-32338ecb35ca/bioenergia.html>

Ilmatieteenlaitos, n.d. Suomen Tuuliatlas. Viitattu: 16.04.2022. Saatavissa: <http://tuuliatlas.fmi.fi/fi/#>

Indebuurt Rotterdam, 2021. De keyenburg, Zuldwijk. Viitattu: 18.01.2022. Saatavissa: <https://indebuurt.nl/rotterdam/wonen/wonen-op-3393-vierkante-meter-ella-en-thijs-bouwen-een-tiny-house-in-rotterdam~206707/#&gid=2&pid=1>

Kerovuori, J., 2021. Artic Smart Village, Alueluonnos 24.02.2021. Arkkitehti Safa. Viitattu: 13.03.2022. Saatavissa: <https://turunseutusanommat.fi/2021/03/maailman-ensimmainen-alykyla-rakennetaan-mynamaelle/>

Kiinteistöt Lidl, n.d. Jakelukeskukset. Viitattu: 20.02.2022. Saatavissa: <https://www.kiinteistot-lidl.fi/jakelukeskukset>

Klapmuts, A., 2020. indebuurt – Deze Rotterdammers bouwen een tiny house: ‘We worden vaak met kampers vergeleken’. Viitattu: 18.01.2022. Saatavissa: <https://indebuurt.nl/rotterdam/rotterdammers/deze-rotterdammers-bouwen-een-tiny-house-we-worden-vaak-met-kampers-vergeleken~145858/>

Klapmuts, A., 2021. indebuurt – Ella gaat op het eerste tiny house-park van Rotterdam wonen: ‘Het voelt al seen lot uit de loterij’. Viitattu: 18.01.2022. Saatavissa: <https://indebuurt.nl/rotterdam/wonen/ella-gaat-op-het-eerste-tiny-house-park-van-rotterdam-wonen-het-voelt-als-een-lot-uit-de-loterij~185195/>

Koch Landscape Architecture, 2018. Tiny Home Complex. Viitattu: 16.01.2022. Saatavissa: <https://tinytranquility.com/app/themes/tiny-tranquility-2018/dist/images/tt-rendering.pdf>

Koka, 2022. Mikä on keskimääräinen vedenkulutus. Viitattu 16.04.2022. Saatavissa: <https://koka.fi/mika-on-keskimaarainen-vedenkulutus/>

K-Rauta, n.d. Rakennusluvut – kysymyksiä ja vastauksia. Viitattu: 09.04.2022. Saatavissa: <https://www.k-rauta.fi/inspiraatio-ja-ohjeet/rakentaminen/rakennusluvut-kysymykset-ja-vastauksia>

Lapelland, 2022. Lapelland. Viitattu: 14.01.2022. Saatavissa: <https://lapelland.fi/>

Laurila, J., 2021. Mynämäen Gadolin Älykylään ekologisia taloja. Viitattu: 14.03.2022. Saatavissa: <https://www.alykyla.fi/index.php/fi/ajankohtaista/105-gadolin-alykylaan-ekologisia-taloja>

Lempäälän Energia, 2021. Lempäälän Energian valitus suljetun sähköverkon luvasta hylättiin. Viitattu: 22.02.2022. Saatavissa: <http://www.lempaalanenergia.fi/content/fi/36/20648/Hallituksen%20tiedote%3A%20Lemp%C3%A4%C3%A4n%20Energian%20valitus%20suljetun%20s%C3%A4hk%C3%B6verkon%20luvasta%20hyl%C3%A4ttiin.html>

Lempäälän Energia, n.d. LEMENE. Viitattu: 22.02.2022. Saatavissa: <http://www.lempaalanenergia.fi/content/fi/1/20126/LEMENE.html>

Lempäälän Energia, n.d. LEMENE – Lempäälän energiayhteisö. Viitattu: 22.02.2022. Saatavissa: [http://www.lempaalanenergia.fi/files/upload\\_pdf/21540/LEMENE%20esite.pdf](http://www.lempaalanenergia.fi/files/upload_pdf/21540/LEMENE%20esite.pdf)

Lempäälän Energia, n.d. Rahoitus. Viitattu: 22.02.2022. Saatavissa: <http://www.lempaalanenergia.fi/content/fi/1/20152/Rahoitus.html>

LIHI, n.d. Low Income Housing Institute – History. Viitattu: 19.01.2022. Saatavissa: <https://lihi.org/history/>

LIHI, n.d. Low Income Housing Institute – Tiny Houses. Viitattu 19.01.2022. Saatavissa: <https://lihi.org/tiny-houses/>

LIHI, n.d. Tiny House Villages a Crisis Solution to Homelessness. Viitattu: 19.01.2022. Saatavissa: <http://seattle.legistar.com/View.ashx?M=F&ID=7243095&GUID=B59D1097-1683-4761-8717-4061E1C1A36B>

Liikenneturva, 2021. Auton peräkärry traktorissa. Viitattu: 01.04.2022. Saatavissa: <https://www.liikenneturva.fi/liikenteessa/kysymykset-ja-vastaukset/auton-perakarry-traktorissa/#fcfebce1>

Lounasheimo, A., 2022. Teknologiateollisuus – syrjäseuduilta kaupunkeihin – mikroverkot mahdollistavat vähähiilisen energiantuotannon yleistymisen. Viitattu: 18.02.2022. Saatavissa: <https://teknologiateollisuus.fi/en/node/27084>

Maalampo.fi, n.d. Tarvittavat luvat sekä kotitalousvähennys. Viitattu: 14.04.2022. Saatavissa: <http://www.maalampo.fi/artikkelit/mita-lupia-maalampoa-varten-tarvitaan/>

Mustonen, L. & Heikkilä, S., 2019. Pienempi hiilijalanjälki, suurempi energiatehokkuus. Viitattu: 13.03.2022. Saatavissa: <https://promaintlehti.fi/Laite-ja-korjaustekniikat/Pienempi-hiilijalanjalki-suurempi-energiatehokkuus>

Muurinen, J., n.d. Facebook analytiikka ja tilastot. Viitattu: 11.01.2021. Saatavissa: <https://www.kuulu.fi/blogi/facebook-analytiikka-ja-tilastot/>

Motiva, 2011. Pientalon lämmitys järjestelmät. Viitattu: 16.04.2022. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/files/4970/PientalonLammitysjarjestelmat.pdf>

Motiva, 2012. Lämpöä omasta maasta. Motiva Lämmitysjärjestelmät Maalämpöpumput. Paino: Libris, 07/2012. Viitattu: 01.03.2022. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa\\_omasta\\_maasta\\_Maalampopumput.pdf](https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf)

Motiva, 2020. Aurinkolämmön passiivinen hyödyntäminen. Viitattu: 03.03.2022. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolammon\\_passiivinen\\_hyodyntaminen](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolammon_passiivinen_hyodyntaminen)

Motiva, 2020. Biokaasu. Viitattu: 10.03.2022. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/biokaasu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu)

Motiva, 2020. Hinnat ja Kannattavuus. Viitattu: 14.04.2022. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/hankinta\\_ja\\_asennus/hinnat\\_ja\\_kannattavuus#:~:text=Aurinkol%C3%A4mp%C3%B6j%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20k%C3%A4ytt%C3%B6ajaksi%20voidaan%20laskea%2030,suh-teellisesti%20suurempi%20kuin%20isoissa%20j%C3%A4rjestelmiss%C3%A4](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/hankinta_ja_asennus/hinnat_ja_kannattavuus#:~:text=Aurinkol%C3%A4mp%C3%B6j%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20k%C3%A4ytt%C3%B6ajaksi%20voidaan%20laskea%2030,suh-teellisesti%20suurempi%20kuin%20isoissa%20j%C3%A4rjestelmiss%C3%A4)

- Motiva, 2020. Kytkentä muihin lämmitysjärjestelmiin. Viitattu: 03.03.2022. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/kytkenta\\_muihin\\_lammitysjarjestelmiin](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/kytkenta_muihin_lammitysjarjestelmiin)
- Motiva, 2020. Säädökset. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/saadokset](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/saadokset)
- Motiva, 2021. Auringosta sähköä. Viitattu: 03.03.2022. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringosta\\_sahkoa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa)
- Motiva, 2021. Lupa-asiat. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/ennen\\_jarjestelman\\_hankintaa/lupa-asiat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/ennen_jarjestelman_hankintaa/lupa-asiat)
- Motiva, 2022. Pientuulivoima. Viitattu: 04.03.2022. Saatavissa: [www.motiva.fi/pientuulivoima](http://www.motiva.fi/pientuulivoima)
- Mäkinen-Önsoy, K., 2021. Maailman ensimmäinen Älykylä® rakennetaan Mynämäkeen. Viitattu: 14.03.2022. Saatavissa: <https://turunseutusanomat.fi/2021/03/maailman-ensimmainen-alykyla-rakennetaan-mynamaelle/>
- Nibe Energy Systems, 2020. Asentajan Käsikirja. Maalämpöpumppu NIBE S1155. Viitattu: 20.04.2022. Saatavissa: [https://kesko-onninen-pim-resources-production.s3-eu-west-1.amazonaws.com/pimdocuments/5362054\\_asennusohje.pdf](https://kesko-onninen-pim-resources-production.s3-eu-west-1.amazonaws.com/pimdocuments/5362054_asennusohje.pdf)
- Pehkonen, E., 2019. Teollinen mikroverkko kysyntäjousta hyödyntävän energianhallintajärjestelmän osana. Viitattu: 20.02.2022. Saatavissa: <https://www.sahkomaa-ilm.fi/teollinen-mikroverkko-kysyntajousta-hyodyntavan-energianhallintajarjestelman-osana/>
- PNE, 2019. Technology. Viitattu: 03.03.2022. Saatavissa: <https://polarnightenergy.fi/technology>
- PNE, 2021. News: 21.04.2021 - More Profitable Solar Power Plants by Storing Energy in Sand. Viitattu: 03.03.2022. Saatavissa: <https://polarnightenergy.fi/news>
- Proff, 2020. Lapelland Finland Oy. Viitattu: 16.01.2022. Saatavissa: <https://proff.fi/yrityksen/lapelland-finland-oy/kempele/rakennus-ja-maansiirtourakoitsijat/3093831-510CVG>
- Projektiutiset, 2017. Lidlin uusi jakelukeskus Järvenpäässä maksaa 100 miljoonaa. Viitattu: 20.02.2022. Saatavissa: <https://www.projektiutiset.fi/lidlin-uusi-jakelukeskus-jarvenpaassa-maksaa-100-miljoonaa/>
- Qvick, T., 2021. Lidlin hiilineutraali jakelukeskus Järvenpäässä. Viitattu: 20.02.2022. Saatavissa: <https://blog.se.com/fi/2021/03/lidlin-hiilineutraali-jakelukeskus-jarvenpaassa/>
- Rakentaja.fi, (2021). Suomen ensimmäinen älykylä on suunnitteilla Mynämäelle. Viitattu: 13.03.2022. Saatavissa: [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/19557/alykyla\\_mynamaelle.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/19557/alykyla_mynamaelle.htm)
- Rataskodit Oy, 2019-2021. Facebook – Rataskodit julkaisut. Viitattu: 15.01.2022. Saatavissa: <https://www.facebook.com/rataskodit>

- Rataskodit Oy, n.d. Etsitkö helposti liikuteltavaa minikotia, mökkiä tai saunaa? Viitattu: 15.01.2022. Saatavissa: <https://rataskodit.com/>
- Rautiainen, A., Vuorilehto, K., Supponen, A., Rekola, J., Mäkinen, J., Koskela, J., 2019. Lecture notes v.2.0. Electrical Energy Storages and Electric Vehicles. Tampereen Yliopisto. Viitattu: 13.03.2022.
- Ruokoski, V., 2016. Tiina Malinen, 24, rakensi kodin trailerin päälle – ”Parasta tässä on vapaus”. Viitattu: 19.04.2022. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9317262>
- Siemens, n.d. LEMENE. Viitattu: 22.02.2022. Saatavissa: <https://new.siemens.com/fi/fi/yhtio/stories/energia/lemene.html>
- Suomen Tuulivoimayhdistys, n.d. Tietoa pientuulivoimalan ostajalle. Viitattu: 04.03.2022. Saatavissa: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/pientuulivoima/tietoa-pientuulivoimalan-ostajalle>
- Suomen Tuulivoimayhdistys, n.d. Tuulivoimaloille haettavat luvat. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tuulivoimasta-kunnille/tuulivoimahanke/tuulivoimaloille-haettavat-luvat>
- Suomen Tuulivoimayhdistys, n.d. Yleistä pientuulivoimasta. Viitattu: 04.03.2022. Saatavissa: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/pientuulivoima/yleista-pientuulivoimasta>
- Suutari, T., n.d. COP VS. SCOP – Hyötysuhteiden erot. Viitattu: 20.03.2022. Saatavissa: <https://www.nilan.fi/energiansaasto/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>
- Talotekniikka info, n.d. Maalämpöpumput. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: <https://talotekniikkainfo.fi/ratkaisut-etusivu/maalampopumput>
- Tampereen yliopisto, useita eri kirjoittajia; Tampereen ammattikorkeakoulu, useita eri kirjoittajia; VTT, useita eri kirjoittajia, 2021. Prosumer Centric Energy Communities towards Energy Ecosystem (ProCemPlus) Loppuraportti 17.11.2021. Viitattu: 10.03.2022. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/135693>
- Techeat, n.d. Maalämpö. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: <https://www.techeat.fi/maalampo/>
- The Tiny Life, 2022. What is the tiny house movement. Viitattu: 11.01.2022. Saatavissa: <https://thetinylife.com/what-is-the-tiny-house-movement/>
- Tiny house Suomi, 2022. Facebook. Viitattu: 11.01.2022. Saatavissa: <https://www.facebook.com/groups/1609857715947118/about>
- Tiny Tranquility, 2022. FAQ. Viitattu: 17.01.2022. Saatavissa: <https://tinytranquility.com/faq/>
- Tiny Tranquility, 2022. Rent a Site at Tiny Tranquility. Viitattu: 15.01.2022. Saatavissa: <https://tinytranquility.com/trailers-and-sites/sites-for-rent/>
- Topten, 2021. Rakentamisen yhtenäiset käytännöt. Pientalon palokortti. P3-paloluokan pientalon paloturvallisuuden perusteita. Viitattu: 16.04.2022. Saatavissa: <https://top-tenrava.fi/doc/tulkintakortit/MRL-117b01F.pdf>

Tukes, n.d. Litiumioniakkujen elinkaari. Viitattu: 05.03.2022. Saatavissa: <https://tukes.fi/litiumioniakkujen-elinkaari#96c56fc6>

Vesterinen, T., 2020. Tieliikennelaki uudistui 1.6.2020 - raskaamman kaluston muutokset tieliikennelain pykäliin. Viitattu: 01.04.2022. Saatavissa: <https://www.koneviesti.fi/huolto-ja-teknikka/206c89f2-6a57-5927-bd25-9e2db1a8252e>

VTT, 2018. Mikroverkoilla säävarmuutta haja-asutusalueiden sähkönjakeluun. Viitattu: 17.02.2022. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/mikroverkoilla-saavarmuutta-haja-asutusalueiden-sahkonjakeluun>

Väre, 2020. Aurinkopaneelien kannattavuus ja takaisinmaksuaika. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: <https://vare.fi/aurinkopaneelit/aurinkopaneelien-kannattavuus-ja-takaisinmaksuaika/>

Ympäristöministeriö, 2005. G1 Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Asuntosuunnittelu. Ympäristöministeriön asetus asuntosuunnittelusta. Helsinki 2005. Viitattu: 09.04.2022. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/data/normit/28204-G1su2005.pdf>

Ympäristöministeriö, 2007. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistot. Helsinki 2007. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: [https://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1\\_2007.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf)

Ympäristöministeriö, 2010. C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten lämmöneristys. Helsinki 2008. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: <https://ymparisto.fi/download/noname/%7B926E23F8-D52D-4129-98AB-7A21693D8B14%7D/101088>

Ympäristöministeriö, 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Helsinki 2011. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: [https://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_Suomi.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf)

Ympäristöministeriö, 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten energiatehokkuus. Helsinki 2011. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: [https://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf)

Ympäristöministeriö, 2012. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta. Helsinki 2013. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: <https://www.ym.fi/download/noname/%7BDF2B6F84-2CF9-4C43-9D76-9B04C7AF1D72%7D/30748>

Ympäristöministeriö, 2015. D3 Laskentaopas. Valaistuksen tehontiheyden ja tarpeenmukaisuuden erillistarkastelut E-luvun laskennassa. Viitattu: 15.04.2022. Saatavissa: [https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d3\\_laskentaopas\\_2015.pdf](https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d3_laskentaopas_2015.pdf)

Ympäristöministeriö, 2017. Ympäristöministeriön asetus asuin-, majoitus-, ja työtiloista. Helsinki 2017. Viitattu: 09.04.2022. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171008>

Ympäristöministeriö, 2022. Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksen jatkosta linjaus: uusi rakentamislaki sekä alueidenkäytön digitaalisuus eduskuntaan syksyllä. Viitattu: 09.04.2022. Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/maankaytto-ja-rakennuslain-uudistuksen-jatkosta-linjaus-uusi-rakentamislaki-seka-alueidenkayton-digitaalisuus-eduskuntaan-syksylla>

Älykylä.fi, 2020. Älykylä® ja Älykortteli™ -konseptien hyödyt. Viitattu: 13.03.2022.  
Saatavissa: <https://www.aelykyla.fi/index.php/fi/aelykylae/aelykylae-konseptin-hyoedyt>

ÖkoFEN, n.d. myEnergy365. Viitattu 18.04.2022. Saatavissa:  
[https://www.oekofen.com/assets/unitedkingdom/pdf/myenergy365\\_broschuere\\_en\\_final\\_kl.pdf](https://www.oekofen.com/assets/unitedkingdom/pdf/myenergy365_broschuere_en_final_kl.pdf)

ÖkoFEN, n.d. myEnergy365 – pellets, solar and stirling engine generator. Viitattu:  
18.04.2022. Saatavissa: <https://www.oekofen.com/en-gb/myenergy365/>

ÖkoFEN, n.d. Technical Data. Viitattu: 18.04.2022. Saatavissa:  
[https://www.oekofen.com/assets/download/Englisch/Pellematic\\_Condens/Technische\\_Daten/TD\\_Condens\\_en\\_aktuell.pdf](https://www.oekofen.com/assets/download/Englisch/Pellematic_Condens/Technische_Daten/TD_Condens_en_aktuell.pdf)

# LIITE 1: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 3.5

*Taulukko 3.5. Tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja ( $n_{50}$ ) ja rakennusvaipan ilmanvuotolukuja ( $q_{50}$ ) erilaisille rakennuksille riippuen rakentamis- ja toteutustavasta.*

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset $n_{50}$ -luvut, 1/h	Tyypilliset $q_{50}$ -luvut, $m^3/(h m^2)$
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1,0 – 3,0	Pientalot 1,0 – 3,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 – 1,5	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,0 – 4,0
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3,0 – 5,0	Pientalot 3,0 – 5,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 – 3,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 4,0 – 8,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5,0 – 10,0	Pientalot 5,0 – 10
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3,0 – 7,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 8,0 – 20,0



# LIITE 2: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D2 (2012) TAULUKKO 1

Taulukko 1. Asuinrakennukset

Asuntojen ilmanvaihto mitoitetaan yleensä taulukon poistoilmavirtojen perusteella siten, että asuntojen ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 1/h ja ulkoilmavirtojen riittävyys varmistetaan vähintään ohjearvojen mukaisiksi. Pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston käyttäjän ilmanvaihtokerroin on enintään 0,7 1/h ja poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti tarpeen mukaan. Jos poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata vain rakennuskohtaisesti, voidaan pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston ilmanvaihtokerroin on vähintään 1,0 1/h. Suurten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja suuremmiksi, jotta tilakohtainen ulkoilmavirta olisi ohjearvon mukainen ja huoneiston ilmanvaihtokerroin olisi vähintään 0,5 1/h.						
Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistoilma- virta dm <sup>3</sup> /s	Äänitaso L <sub>A,eq,T</sub> / L <sub>A,max</sub> dB	Ilman nopeus talvi m/s	Huom!
Asuintilat:	6					
Asuinhuoneet		0,5		28 / 33 *	0,20	*C1 määräys
Keittiö		#S	8 #A	33 / 38 *	0,20	*C1 määräys
- käyttäjän tehostus		#S	25	33 / 38	0,20	
Vaatehuone, varasto		#S	3	33 / 38		
Kylpyhuone		#S	10 #B	38 / 43	0,20	
- käyttäjän tehostus		#S	15	38 / 43	0,20	
WC		#S	7 #B	33 / 38		
- käyttäjän tehostus		#S	10	33 / 38		
Kodinhuone		#S	8	33 / 38	0,30	
- käyttäjän tehostus		#S	15	33 / 38	0,30	
Huoneistos sauna		2 #C	2/m <sup>2</sup> #C	33 / 38		
Yhteistilat:						
Porrashuone		0,5 1/h	0,5 1/h	38 / 43		
Varastot		0,35	0,35 / m <sup>2</sup>	43 / 48		
Kylmälämpiö (myös asunto- kylmiö, jos pinta-ala > 4m <sup>2</sup> )		0,2	0,2 / m <sup>2</sup>	43 / 48		
Pukuhuone		2	2 / m <sup>2</sup>	33 / 38	0,20	
Pesuhuone		3	3 / m <sup>2</sup>	43 / 48	0,20	
Saunan löylyhuone		2	2 / m <sup>2</sup>	33 / 38		
Talopesula		1	1 / m <sup>2</sup>	43 / 48		
Kuivaushuone		2 #D	2 / m <sup>2</sup> #D	43 / 48		
Askarteluhuone, kerho		1 #E	1 / m <sup>2</sup> #E	33 / 38	0,20	
# A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo 20 dm <sup>3</sup> /s. # B Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmavirran ohjearvo on käyttäjän tehostuksen mukainen. # C Kuitenkin vähintään 6 dm <sup>3</sup> /s. Saunan ilmavirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunnon ilmanvaihtokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistoilmavirta. # D Voidaan mitoitetaan pienemmäksi kun käytetään ilmankuivainta. # E Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup> . # S Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla.						

## LIITE 3: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 5.1

*Taulukko 5.1. Ikkunan valoaukon kohtisuora auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin  $g_{\text{kohtisuora}}$ .*

Lasitus	$g_{\text{kohtisuora}}$
Yksinkertainen lasitus	0,85
Kaksinkertainen lasitus	0,75
Yksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna	0,70
Eristyslasi + erillislasi	0,65
Eristyslasi, matalaemissiviteettipinnoite + erillislasi	0,55

## LIITE 4: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 6.2

Taulukko 6.2 Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhteiden ja apulaitteiden ominaissähkönkäytön ohjearvoja.

Lämmitysratkaisu	Vuosihyötysuhde $\eta_{\text{tilat}}$ -	Sähkö $e_{\text{tilat}}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Vesiradiaattori 45/35 °C</b>		
jakojohtot eristetty	0,90	2
jakojohtot eristämätön	0,85	
<b>Vesiradiaattori 70/40 °C</b>		
jakojohtot eristetty	0,9	2
jakojohtot eristämätön	0,8	
<b>Vesiradiaattori 70/40 °C jakotukilla</b>		
	0,80	2
<b>Vesiradiaattori 45/35 °C jakotukilla</b>		
	0,85	2
<b>Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C</b>		
maata vasten rajoittuvassa rak.	0,8	2,5
ryömintätilaan rajoittuvassa rak.	0,8	
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,75	
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,85	
<b>Kattolämmitys (sähköinen)</b>		
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,85	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,9	0,5
<b>Ikkunalämmitys (sähköinen)</b>		
	0,80	0,5
<b>Ilmanvaihtolämmitys <sup>1)</sup></b>		
huonekohtainen säätö	0,90	0,5
<b>Sähköpatterilämmitys</b>		
	0,95	0,5
<b>Sähköinen lattialämmitys</b>		
maata vasten rajoittuva rak.	0,85	0,5
ryömintätilaan tai ulkoilmaan rajoittuvassa rak	0,8	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak	0,85	0,5
<b>Muut lämmityslaitteet</b>		
Ulkotilaa tai maata vasten rajoittuva lämmitys	0,8	0,5
Sisätilaan rajoittuva lämmityslaitte	0,8	0,5

<sup>1)</sup> Ilmanvaihtolämmityksen hyötysuhde pätee järjestelmälle, jossa tuloilma lämmitetään huonekohtaisilla päätelaitteilla. Muuttuvavirtaisten järjestelmien hyötysuhteet on laskettava tarkemmalla menetelmällä.

## LIITE 5: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 6.3

Taulukko 6.3. Lämpimän käyttöveden siirron vuosihyötysuhde.

Rakennustyyppi	$\eta_{\text{kv, siirto}}$				
	Kierto	Ei kiertoa			
		eristämätön	suojaputkessa	eristetty, perustaso <sup>1)</sup>	eristetty, parempi <sup>2)</sup>
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalot	0,96	0,75	0,85	0,89	0,92
Asuinkerrostalo	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Toimistorakennus	0,88	0,69	0,78	0,82	0,85
Liikerakennus	0,87	0,68	0,77	0,81	0,84
Majoitusliikerakennus	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Opetusrakennus ja päivä-koti	0,89	0,70	0,79	0,83	0,86
Liikuntahalli	0,98	0,77	0,87	0,91	0,95
Sairaala	0,94	0,74	0,84	0,88	0,91
<sup>1)</sup> eristyksen perustaso tarkoittaa vähintään eristyspaksuutta 0,5 D, missä D on putken halkaisija					
<sup>2)</sup> eristyksen parempi taso tarkoittaa vähintään eristyspaksuutta 1,5 D, missä D on putken halkaisija					

## LIITE 6: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 6.3B

*Taulukko 6.3b. Lämpimän käyttöveden varastoinnin vuotuinen häviö.*

Varaajan tilavuus, l	Varaajan lämpöhäviö, $Q_{kv, varastointi}$ , kWh/a	
	40 mm eriste	100 mm eriste
50	440	220
100	640	320
150	830	420
200	1000	500
300	1300	650
500	1700	850
1000	2100	1100
2000	3000	1500
3000	4000	2000

## LIITE 7: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 6.4

Taulukko 6.4. Lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho ja lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho.

Eristystaso	Kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho $\phi_{\text{lkv,kiertohäviö,omin}}$
ei tietoa	40 W/m
0,5 D	10 W/m
1,5 D	6 W/m
suojaputki	15 W/m
suojaputki + 0,5 D	8 W/m
suojaputki + 1,5 D	5 W/m
Lämmityslaitteiden lukumäärä	Kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho
lukumäärää ei tiedossa	lisäys kiertojohdon lämpöhäviön ominaistehoon $\phi_{\text{lkv,kiertohäviö,omin}} + 40 \text{ W/m}$
lukumäärä tiedossa	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho $\phi_{\text{lkv,lämmitys,omin}}$ 200 W/kpl

Merkintä 0,5 D tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on puolet eristettävän putken ulkohalkaisijasta. Merkintä 1,5 tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on 1,5-kertainen eristettävän putken ulkohalkaisijaan nähden.

## LIITE 8: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D5 (2012) TAULUKKO 6.1

Taulukko 6.1 Lämmittämättömässä tilassa olevien lämmönjakoputkien ominaislämpöhäviön ohjearvoja.

Rakennustyyppi	Jakoputkien sijoitus	Vuotuinen ominais- lämpöhäviö <sup>1)</sup>
		$Q_{\text{jakeluhäviöt, ulos}}$ kWh/(m a)
<b>Pientalo</b> <sup>2)</sup>	<b>Jakoputket maassa</b>	
	-eristetty	60
	<b>Jakoputket puolilämpimässä tilassa</b> <sup>4)</sup>	
	-eristämätön	150
	-eristetty	25
	<b>Jakoputket ulkoilmassa</b>	
	-eristetty	35
<b>Muu rakennus</b> <sup>3)</sup>	<b>Jakoputket maassa</b>	
	-eristetty	85
	<b>Jakoputket puolilämpimässä tilassa</b> <sup>4)</sup>	
	-eristämätön	250
	-eristetty	30
	<b>Jakoputket ulkoilmassa</b>	
	-eristetty	50

<sup>1)</sup> Määritetty lämmönjakoverkoston mitoituslämpötiloilla 70/40 °C.

<sup>2)</sup> Määritetty putkikoolla DN20.

<sup>3)</sup> Määritetty putkikoolla DN40.

<sup>4)</sup> Puolilämpimän tilan lämpötila 15 °C.

# LIITE 9: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA D1 (2007) TAULUKKO 1

## TAULUKKO 1.

Mitoituksessa käytettävät vesikalusteiden normivirtaamat.

Vesipiste <sup>1)</sup>	Normivirtaama $q_n$ dm <sup>3</sup> /s	
	Kylmä vesi	Lämmin vesi
Astianpesuallas	0,2	0,2
Astianpesukone kotitaloudessa	0,2	(0,2)
Pesuallas	0,1	0,1
Suihku	0,2	0,2
Kylpyamme	0,3	0,3
WC-istuin	0,1	-
Pesukone kotitaloudessa	0,2	-
Pesukone talopesulassa tai vastaavassa	0,4	-
Vesiposti pientalossa, DN 15	0,2	-
Vesiposti kerrostalossa, DN 20	0,4	-
Laskuhana, tasapohja-allas	0,2	0,2
Pesuistuin	0,1	0,1
Urinaalin huuhteluventtiili	0,4	-
Urinaalin huuhteluhana	0,2	-
Ryhmäpesuallas (n kpl)	0,07 + 0,03 n	0,07 + 0,03 n
Sarjaan kytketyt urinaalit (n kpl)	0,14 + 0,06 n	-
Ryhmäsuihku (n kpl)	0,14 n	0,14 n
Teollisuus ym. laitteet	Lask. erikseen	-



# LIITE 10: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOELOMA D1 (2007) TAULUKKO 2

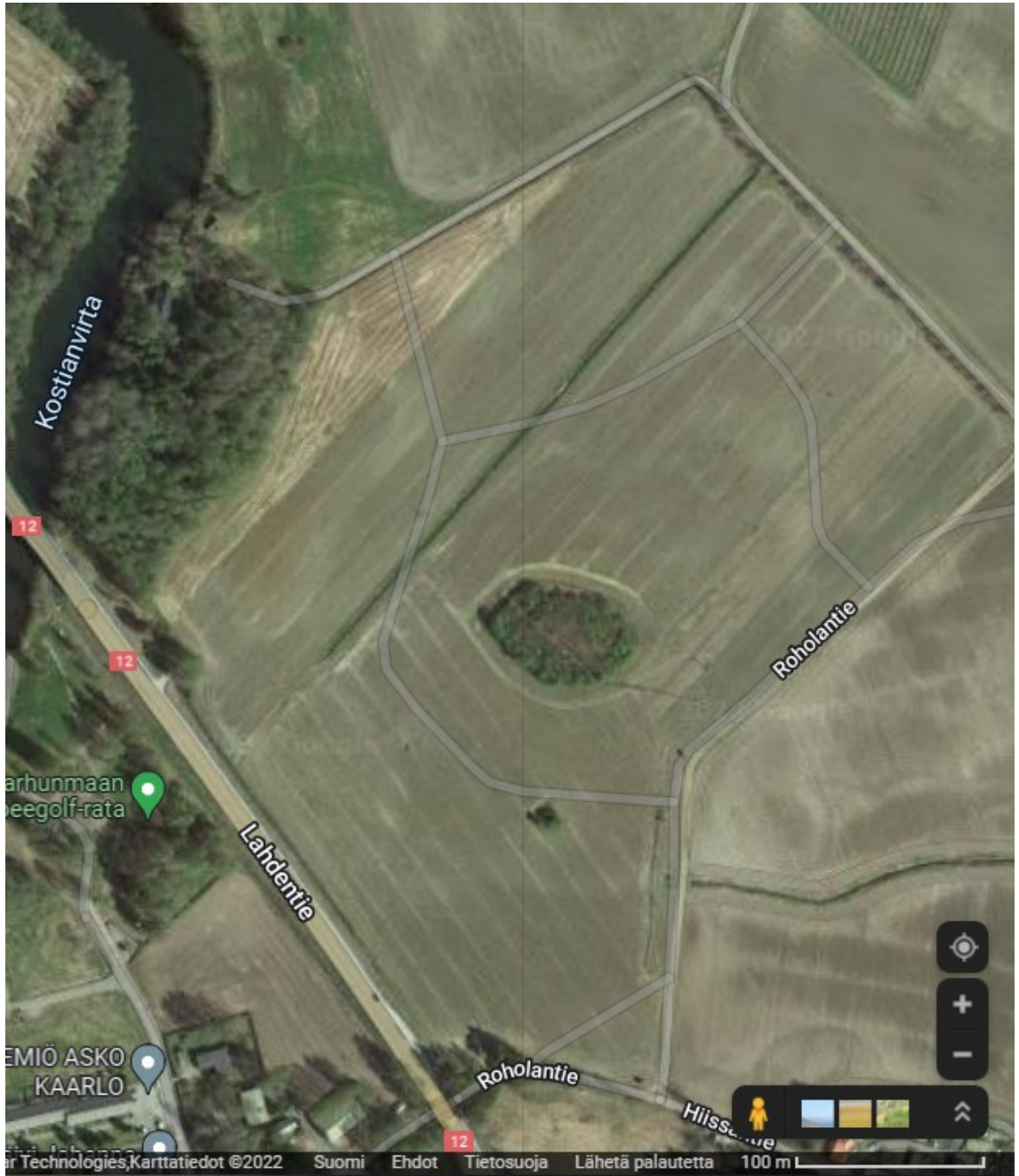
**TAULUKKO 2.**
**Jakojohton mitoitusvirtaama asuin-, toimisto-, koulu-, hotelli-, sairaala- tms. Rakennuksissa.**

Normivirtaamien summa Q dm <sup>3</sup> /s	Mitoitusvirtaama q <sup>1)</sup> dm <sup>3</sup> /s q <sub>Ni</sub> (dm <sup>3</sup> /s)			Normivirtaamien summa Q dm <sup>3</sup> /s	Mitoitusvirtaama q <sup>1)</sup> dm <sup>3</sup> /s q <sub>Ni</sub> (dm <sup>3</sup> /s)		
	0,1	0,2	0,3		0,1	0,2	0,3
0,1	0,1	-	-	12,0	0,86	0,96	1,06
0,2	0,16	0,2	-	12,5	0,88	0,98	1,08
0,3	0,18	0,26	0,3	13,0	0,90	1,00	1,10
0,4	0,20	0,28	0,36	13,5	0,92	1,02	1,11
0,5	0,21	0,30	0,38	14,0	0,94	1,04	1,13
0,6	0,23	0,31	0,40	14,5	0,96	1,06	1,15
0,7	0,24	0,33	0,41	15,0	0,98	1,08	1,17
0,8	0,25	0,34	0,43	15,5	1,00	1,09	1,19
0,9	0,26	0,35	0,44	16,0	1,02	1,11	1,21
1,0	0,27	0,36	0,45	16,5	1,03	1,13	1,23
1,1	0,28	0,37	0,46	17,0	1,05	1,15	1,24
1,2	0,29	0,38	0,47	17,5	1,07	1,17	1,26
1,3	0,30	0,39	0,48	18,0	1,09	1,18	1,28
1,4	0,31	0,40	0,49	18,5	1,10	1,20	1,30
1,5	0,32	0,41	0,50	19,0	1,12	1,22	1,31
1,6	0,33	0,42	0,51	19,5	1,14	1,24	1,33
1,7	0,34	0,43	0,52	20,0	1,16	1,25	1,35
1,8	0,35	0,44	0,53	21,0	1,19	1,29	1,38
1,9	0,35	0,45	0,54	22,0	1,22	1,32	1,42
2,0	0,36	0,45	0,55	23,0	1,26	1,35	1,45
2,2	0,38	0,47	0,56	24,0	1,29	1,39	1,48
2,4	0,39	0,48	0,58	25,0	1,32	1,42	1,51
2,6	0,41	0,50	0,59	26,0	1,35	1,45	1,55
2,8	0,42	0,51	0,61	27,0	1,38	1,48	1,58
3,0	0,43	0,53	0,62	28,0	1,42	1,51	1,61
3,2	0,45	0,54	0,63	29,0	1,45	1,54	1,64
3,4	0,46	0,55	0,65	30,0	1,48	1,57	1,67
3,6	0,47	0,56	0,66	32,0	1,54	1,63	1,73
3,8	0,48	0,58	0,67	34,0	1,60	1,69	1,79
4,0	0,49	0,59	0,68	36,0	1,66	1,75	1,85
4,2	0,51	0,60	0,69	38,0	1,71	1,81	1,91
4,4	0,52	0,61	0,71	40,0	1,77	1,87	1,97
4,6	0,53	0,62	0,72	45,0	1,91	2,01	2,11
4,8	0,54	0,63	0,73	50,0	2,05	2,15	2,24
5,0	0,55	0,64	0,74	55,0	2,18	2,28	2,38
5,5	0,58	0,67	0,77	60,0	2,31	2,41	2,51
6,0	0,60	0,70	0,79	65,0	2,44	2,54	2,64
6,5	0,63	0,72	0,82	70,0	2,57	2,67	2,76
7,0	0,65	0,74	0,84	80,0	2,82	2,91	3,01
7,5	0,67	0,77	0,86	90,0	3,06	3,16	3,25
8,0	0,70	0,79	0,89	100,0	3,30	3,39	3,49
8,5	0,72	0,81	0,91	110,0	3,53	3,63	3,72
9,0	0,74	0,84	0,93	120,0	3,76	3,86	3,95
9,5	0,76	0,86	0,95	130,0	3,98	4,08	4,18
10,0	0,78	0,88	0,97	140,0	4,21	4,30	4,40
10,5	0,80	0,90	1,00	150,0	4,43	4,53	4,62
11,0	0,82	0,92	1,02	160,0	4,65	4,74	4,84
11,5	0,84	0,94	1,04	170,0	4,86	4,96	5,06

<sup>1)</sup> Jos jakojohtoon liittyy vakiovirtaamia, lisätään ne sellaisenaan mitoitusvirtaamaan.

Yksittäisen vesipisteen normivirtaaman q<sub>Ni</sub> ollessa suurempi kuin 0,3 dm<sup>3</sup>/s valitaan jakojohton mitoitusvirtaama q<sub>Ni</sub> = 0,3 dm<sup>3</sup>/s mukaan.

# LIITE 11: KOSTIANVIRRRAN KYLÄ



## LIITE 12: RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOELMA D3, TAULUKKO L2.2

<i>Taulukko L2.2. Säätiiedot kuukausittain säävyöhykkeellä I ja II. Helsinki-Vantaa.</i>			
Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, $T_u$ , °C	Auringon kokonaissätei- lyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$ , kWh/m <sup>2</sup>	Normitukseen käytettä- vä lämmitystarveluku, S17, Kd
Tammikuu	-3,97	6,2	650
Helmikuu	-4,50	22,4	602
Maaliskuu	-2,58	64,3	607
Huhtikuu	4,50	119,9	354
Toukokuu	10,76	165,5	117
Kesäkuu	14,23	168,6	9
Heinäkuu	17,30	180,9	0
Elokuu	16,05	126,7	31
Syyskuu	10,53	82,0	161
Lokakuu	6,20	26,2	331
Marraskuu	0,50	8,1	495
Joulukuu	-2,19	4,4	595
Koko vuosi	5,57	975	3952

# LIITE 13: CASE 1 - AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Sijainti		Case 1												$\beta =$
päikkä														45
$P_{Go}[\text{kW}]$ :														$Y =$
10														Etelä
														$P_{AC} = k_{Gmax} \cdot P_{Go} \cdot \eta_{WR}$ [kW]:
														8,73
Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec		
$H_G = R(\beta, \gamma) \cdot H$	0,61	1,88	3,31	5,27	6,13	6,15	4,92	4,95	3,15	1,38	0,69	0,10	kWh/m <sup>2</sup>	
$Y_R = H_G / 1\text{kWm}^{-2}$	0,61	1,88	3,31	5,27	6,13	6,15	4,92	4,95	3,15	1,38	0,69	0,10	h/d	
$k_T$	1,05	1,03	1,01	0,98	0,95	0,93	0,91	0,92	0,95	0,99	1,04	1,05		
$Y_T = k_T \cdot Y_R$	0,64	1,93	3,34	5,17	5,83	5,72	4,48	4,56	2,99	1,36	0,71	0,11	h	
$k_G$	0,75	0,79	0,86	0,88	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,88	0,80	0,70		
$Y_A = k_G \cdot Y_T$	0,48	1,53	2,87	4,55	5,24	5,15	4,03	4,10	2,69	1,20	0,57	0,08	h	
$\eta_{WR}$	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	h	
$Y_F = \eta_{WR} \cdot Y_A$	0,47	1,48	2,79	4,41	5,09	4,99	3,91	3,98	2,61	1,17	0,55	0,07	h	
Days per month	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	d	
$E_{AC} = \eta_d \cdot P_{Go} \cdot Y_F$	144	415	863	1323	1577	1498	1211	1233	783	361	166	23	kWh	

# LIITE 14: NIBE S1155-25

Malli		S1155-25 3x400V							
Lämmönsäätölaite		VPB S300							
Lämpöpumpun tyyppi		<input type="checkbox"/> Ilma-vesi <input type="checkbox"/> Poistoilma-vesi <input checked="" type="checkbox"/> Neste-vesi <input type="checkbox"/> Vesi-vesi							
Matalalämpötilalämpöpumppu		<input type="checkbox"/> Kyllä <input checked="" type="checkbox"/> Ei							
Sisäänrakennettu lisäsähkövastus		<input checked="" type="checkbox"/> Kyllä <input type="checkbox"/> Ei							
Lämpöpumppu lämmitys- ja käyttöveden tuotantoon		<input checked="" type="checkbox"/> Kyllä <input type="checkbox"/> Ei							
Ilmasto		<input checked="" type="checkbox"/> Keskimääräinen <input type="checkbox"/> Kylmä <input type="checkbox"/> Lämmin							
Lämpötilasovellus		<input checked="" type="checkbox"/> Keski (55 °C) <input type="checkbox"/> Matala (35 °C)							
Sovellettavat standardit		EN-14825 & EN-16147							
Nimellinen antolämmitysteho	Prated	25,0	kW	Huonelämmityksen kausikeskihyötysuhde.			$\eta_s$	150	%
Huonelämmityksen ilmoitettu kapasiteetti osakuormalla ja ulkolämpötilassa $T_j$		Huonelämmityksen ilmoitettu COP osakuormalla ja ulkolämpötilassa $T_j$							
$T_j = -7$ °C	Pdh	21,7	kW	$T_j = -7$ °C	COPd	3,0	-		
$T_j = +2$ °C	Pdh	13,7	kW	$T_j = +2$ °C	COPd	4,0	-		
$T_j = +7$ °C	Pdh	8,4	kW	$T_j = +7$ °C	COPd	4,6	-		
$T_j = +12$ °C	Pdh	7,4	kW	$T_j = +12$ °C	COPd	4,7	-		
$T_j = biv$	Pdh	23,9	kW	$T_j = biv$	COPd	2,8	-		
$T_j = TOL$	Pdh	23,9	kW	$T_j = TOL$	COPd	2,8	-		
$T_j = -15$ °C (jos TOL < -20 °C)	Pdh		kW	$T_j = -15$ °C (jos TOL < -20 °C)	COPd		-		
Bivalenssilämpötila	$T_{biv}$	-10	°C	Alin ulkolämpötila	TOL	-10	°C		
Kapasiteetti jaksotuksessa	P <sub>psych</sub>		kW	COP jaksotuksessa	COP <sub>psych</sub>		-		
Huononemiskerroin	C <sub>dh</sub>	1,0	-	Suurin menoveden lämpötila	WTOL	65	°C		
Tehonkulutus muissa kuin aktiivitilassa				Lisälämpö					
Poistila	P <sub>OFF</sub>	0,016	kW	Nimellislämmitysteho	P <sub>sup</sub>	0,0	kW		
Termostaatin poisasento	P <sub>TO</sub>	0	kW						
Valmiustila	P <sub>SB</sub>	0,022	kW	Syötetyn energian tyyppi	Sähkö				
Kampikammilämmitin	P <sub>CK</sub>	0,008	kW						
Muut tiedot									
Kapasiteettisaato		Muuttuva		Nimellisilmavirta (ilma-vesi)					m <sup>3</sup> /h
Äänen tehotaso, sisällä/ulkona	L <sub>WA</sub>	47 / -	dB	Nimellinen lämmitysvesivirtaus					m <sup>3</sup> /h
Vuotuinen energiankulutus	Q <sub>HE</sub>	13 063	kWh	Lämmönkeruuvirtaus neste-vesi tai vesi-vesilämpöpumput		2,30			m <sup>3</sup> /h
Lämpöpumpuille huonelämmityksellä ja käyttövesilämmityksellä									
Ilmoitettu laskuprofiili käyttöveden lämmityksessä		-		Käyttövesilämmityksen energiatehokkuus	$\eta_{wh}$				%
Päivittäinen energiankulutus	Q <sub>elec</sub>		kWh	Päivittäinen polttoaineenkulutus	Q <sub>fuel</sub>				kWh
Vuotuinen energiankulutus	AEC		kWh	Vuotuinen polttoaineenkulutus	AFC				GJ
Yhteystiedot	NIBE Energy Systems – Box 14 – Hannabadsvägen 5 – 285 21 Markaryd – Sweden								