



**Euroopan unionin
osarahoittama**



HAMK
Hämeen ammatti-
korkeakoulu



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Kanta-Hämeen rakennetun ympäristön sopeutuminen ilmastonmuutokseen (ILMARA)

Rakennuksen energiakäyttäytyminen (TP2)

Michela Galassini

Dimitrios Siakas

HAMK Tech



**Euroopan unionin
osarahoittama**



HAMK
Hämeen ammatti-
korkeakoulu



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Sisältö

1. Työpaketti 2:n tavoite
2. Simulointi ohjelmisto: IDA ICE
3. Ilmastomallit ja skenaariot
4. Esimerkkikiinteistöt
 1. Kerrostalo 1: Oikokatu 21
 2. Kerrostalo 12: Lehmusrinne 4
 3. Vuorentaan koulu: Marssitie 90
 4. Katuman päiväkot: Mustikkatie 5
 5. Omakotitalo: Vuokontie 24
 6. Rivitalo: Koppelintie 42
 7. HAMK Smart Bio: Visakaarre 7
5. Simulointien tulokset: kerrostalot
6. Simulointien tulokset: omakotitalo
7. Simulointien tulokset: rivitalot
8. Simulointien tulokset: opetusrakennukset
9. Ehdotukset:
 1. Rakenteelliset toimenpiteet
 2. Tekniset toimenpiteet
 3. Viillennys- ja jäähdytyskeinot



**Euroopan unionin
osarahoittama**



HAMK
Hämeen ammatti-
korkeakoulu



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Selitteet

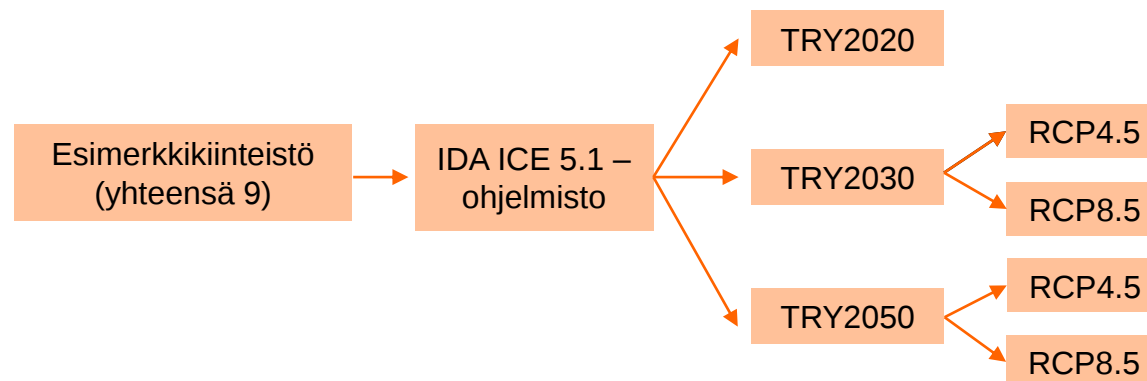
ILP	Ilmalämpöpumppu
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IV	Ilmanvaihto
KL	Kaukolämpö
LKV	Lämminkäyttövesi
LTO	Lämmöntalteenotto
LVI	Lämpö, vesi ja ilma
MLP	Maalämpöpumppu
PILP	Poistoilmalämpöpumppu
RCP	Representative Concentration Pathway
TRY	Test Reference Year



Työpaketti 2:n tavoite

ILMARA-työpaketin 2 tavoitteena oli tutkia, miten rakennukset käyttävät energiaa tulevaisuuden ilmastossa, erityisesti 20 vuoden päähän. Tutkitut rakennukset sijaitsivat kaikki Kanta-Hämeen maakunnassa, ne oli rakennettu eri ikäisinä, osa vielä alkuperäisessä kunnossa ja osa enemmän tai vähemmän laajasti peruskorjattuina. Sen analysoimiseksi, miten rakennukset toimivat tulevaisuudessa, tehtiin energiasimulaatioita IDA ICE -ohjelmiston versiolla 5.1.

Ensin kaikki rakennukset simuloitiin nykyisellä sääskenaariolla, jotta voitiin varmistaa, että IDA ICE -mallit toimivat ja että simuloitu kokonaisenergiankulutus vastaa todellista tai on lähellä sitä. Sen jälkeen rakennukset simuloitiin uudelleen tuleville sääskenaarioille RCP4.5 ja RCP8.5 vuosille 2030 ja 2050. Simulointien tuloksista voitiin ymmärtää, miten erityyppiset ja -ikäiset rakennukset käyttäytyivät tulevaisuudessa, eli miten lämmitysenergia muuttui, lisääntyikö jäähdytystarve ja kuinka paljon rakennukset ylikuumenivat.



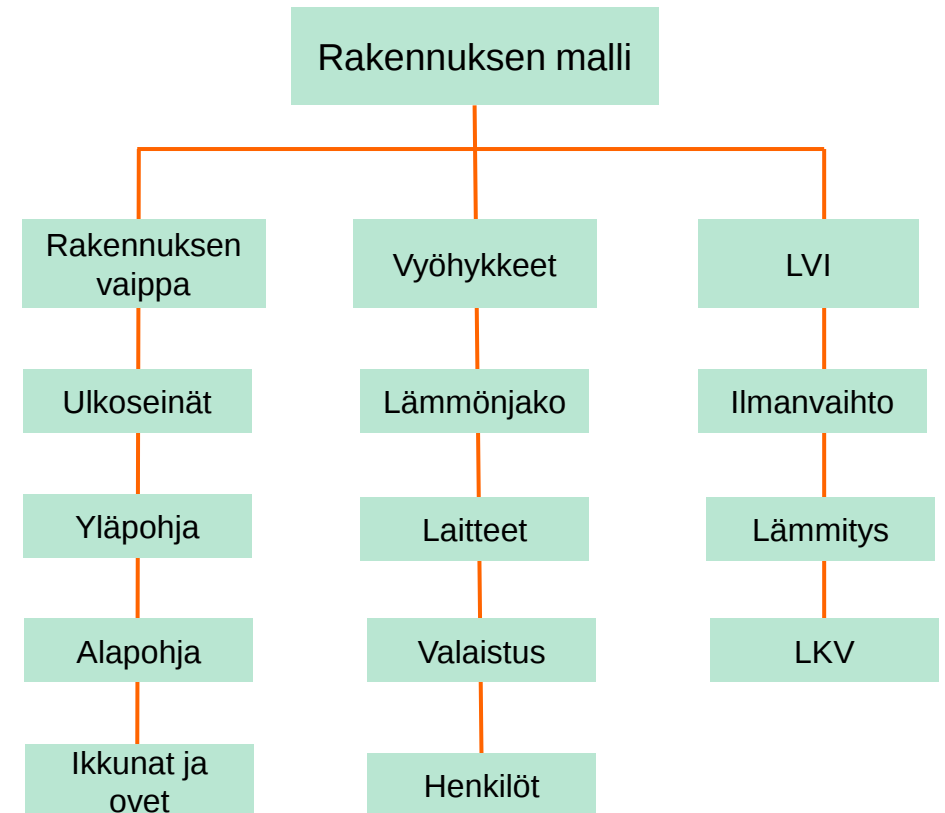


Simulointiohjelmisto: IDA ICE

IDA Indoor Climate and Energy (ICE) on monipuolinen ohjelmisto, jolla voidaan tutkia rakennuksen energiankäyttöä dynaamisesti. Ohjelmistoon on mahdollista tuoda valmiita IFC-malleja tai mallintaa rakennuksia ohjelmassa itse.

Tässä hankkeessa rakennusten mallintamiseen käytetty versio oli 5.1.

Oikealla olevassa kaaviossa esitetään tiivistetysti mallinnusprosessi, joka suoritetaan IDA ICE-ohjelmistossa, kun rakennuksesta luodaan malli. Rakennusmallia tehtäessä on tärkeää mallintaa rakennuksen vaippa oikein, tarkistaa, että ulkoseinien, katon ja alapohjan materiaalit ja rakennekerrokset ovat oikeat ja että ikkunat ja ovet on mallinnettu kuten todellisessa rakennuksessa. Jokaiseen vyöhykkeeseen on lisättävä lämmityksen jakomenetelmä (kuten sähköpatterit, vesikiertoiset patterit, lattialämmitys jne.) ja mallinnettava sisäiset kuormat vastaavasti. Jos sisäisistä kuormituksista ei ole tietoa, voidaan käyttää rakennusmääräyksistä saatuja arvoja parhaana arvauksena. Nämä arvot saadaan automaattisesti laskettua IDA ICE -ohjelmistossa, jos Suomen lokalisointipaketti on asennettu. On myös tärkeää mallintaa LVI-tekniikka (lämpö, vesi ja ilma) oikein valitsemalla oikea ilmanvaihtotyyppi, luomalla lämmityksen malli ja asettamalla lämpimän käyttöveden (LKV) arvot oikeiksi.





Ilmastomallit ja skenaariot

Ilmastoskenaarioita tutkiessa ja simuloitaessa käytetään erilaisia ilmastomalleja. Näiden avulla voidaan arvioida miten ihmiskunnan valinnat vaikuttavat tulevaisuuden päästöjen kehittymiseen, lämpötilan nousuun ja energian kulutuksen muutoksiin (Kallioinen, 2021). Ilmastoskenaario kuvaa mahdollista tulevaisuuden ilmastoa tietyissä olosuhteissa, kun taustalle otetaan joku ihmisen vaikutuksen alaisena muokkaantuva päästöskenaario. Tällöin tulos ei ole ennuste, vaan optimoitu tulos. Kansalle ilmastoskenaariot ovat viime aikoina tulleet tutuksi IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change) kautta, joka on listannut mahdollisia tulevaisuuden kehityskulkuja energiajärjestelmien, päästöjen, maankäytön ja talouden osalta. Ilmastomalleja käytetään moniin tarkoituksiin sään ja ilmastojärjestelmän dynamiikan tutkimuksesta tulevaisuuden ilmastoennusteisiin. NOAA:n Geophysical Fluid Dynamics Laboratory on luonut useita valtameri-ilmakehä-yhdistettyjä malleja ennustaakseen, kuinka kasvihuonekaasupäästöt eri väestö-, talous- ja energiankäyttöennusteiden perusteella voivat vaikuttaa planeettaan. "Representative Concentration Pathways" tai RCP-skenaariot ovat johdonmukaisia ennusteita vain niistä säteilyvoiman komponenteista, jotka on tarkoitettu ilmaston mallintamiseen, kuvioiden skaalaukseen ja ilmakehän kemian mallintamiseen.

Aiempien tutkimusten ja nykyisten aiheeseen liittyvien laskentojen perusteella Suomen keskilämpötilan odotetaan kasvavan, eikä Kanta-Häme (joka sijaitsee energialaskennassa käytetyllä säävyöhykkeellä 2) ole poikkeus. Simulointitarkoituksiin IDA ICE -ohjelmaan on valmiiksi asennettu RCP 4.5 -skenaariot (ohjelmassa nimellä RCP45), joita voidaan pitää niin sanottuina "keskiteinä". Skenaariot luokitellaan usein vakavuuden mukaan seuraavasti:

- **RCP 4.5**, jossa päästöjen rajoittamiseen pyritään hieman enemmän keskipitkällä aikavälillä ja jonka energiantuotanto perustuu pääasiassa uusiutuviin energialähteisiin, odotetaan aiheuttavan sään ääri-ilmiöiden kohtalaista lisääntymistä, keskipitkällä aikavälillä tarvittavaa sopeutumista ja kustannuksia sekä 0,47 metrin nousua merenpinnasta (Moss ym., 2010).
- **RCP 8.5**, jossa päästöjä ei vähennetä, päästöt pysyvät ennallaan ja fossiilisten polttoaineiden energiantuotanto jatkuu, aiheuttaa äärimmäisten sääolojen suuren kasvun, ja sopeutuminen vaatii paljon sopeutumista ja kustannuksia. 0,63 metrin merenpinnan nousu (Moss ym., 2010).



**Euroopan unionin
osarahoittama**



HAMK
Hämeen ammatti-
korkeakoulu



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Esimerkkikiinteistöt

Riihimäellä sijaitseva Oikokatu 21 on vuonna 1993 rakennettu kerrostalo. Hattelmalan H1 on Hämeenlinnassa sijaitseva opiskelijoiden asuinkerrostalo, joka on rakennettu 1950-luvulla, ja saneerattu 2000-luvun alussa. Vuorentaan koulu on Hämeenlinnassa sijaitseva koulu, joka on yksi kaupungin uudiskohteista. Siinä yhdistyy useat eri tekniikat, jotka yhdessä luovat energiatehokkaan kiinteistön opetuskäyttöön. Katuman päiväkotit on Hämeenlinnan Katumalla sijaitseva, vuonna 2020 rakennettu päiväkotit.

Lisäksi esitellään omakotitalotapaus ja rivitalotapaus. Molemmat rakennukset on rakennettu 90-luvun alussa, omakotitalo on Hämeenlinnassa ja rivitalo Riihimäellä. Edellinen lämmitetään sähköllä (lattialämmitys kellarissa, lämpöpumppu ja sähköpatterit ensimmäisessä kerroksessa) ja jälkimmäinen vesikiertoisilla pattereilla.

Viimeinen esimerkkikiinteistö on HAMKin Smart Bio rakennus, joka on rakennettu vuonna 2024. Se on nykyaikainen tutkimus- ja koulutusrakennus, jossa on edistyselliset ominaisuudet ja tekniset tiedot ja joka kattaa elintarviketekniikan ja biotekniikan koulutusohjelman sekä SmartBio-kärkiekosysteemitominnan.





Kerrostalo 1: Oikokatu 21

Ensimmäinen esimerkkikiinteistö sijaitsee Riihimäellä ja se on rakennettu vuonna 1993. Kyseessä on kolmen kerroksen kerrostalo. Kiinteistön lämmitysmuotona on kaukolämpö vesikiertoisilla pattereilla ja asuinrakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto ilman lämmöntalteenottoa. Rakennuksessa olevat asunnot ovat yksiöitä, kaksioita ja kolmioita. Jokaisessa asunnossa on keittiö, olohuone, makuuhuone, pesuhuone ja sauna. Ensimmäisessä kerroksessa on asuntoja sekä varastotiloja. Varastotilat sisältävät varastojen lisäksi väestönsuojan, kuivaushuoneen ja siivoushuoneen.



Kyseisessä rakennuksessa on 142 vyöhykettä, joilla on oma sisäilmasto. Vyöhykkeet sisältävät asuintiloja sekä teknisiä tiloja ja varastoja. Eli vaikka kaikki tilat kategorisoidaan vyöhykkeiksi, niillä ei kaikilla välttämättä ole samanarvoinen asema simulaatiossa.

Osoite	Rakennusvuosi	Lämmitysmuoto	Ilmanvaihto	Pinta-ala [m ²]	Tilavuus [m ³]	Jäähdytys
Oikokatu 21	1993	KL	Koneellinen poisto	1682	4200	Ei

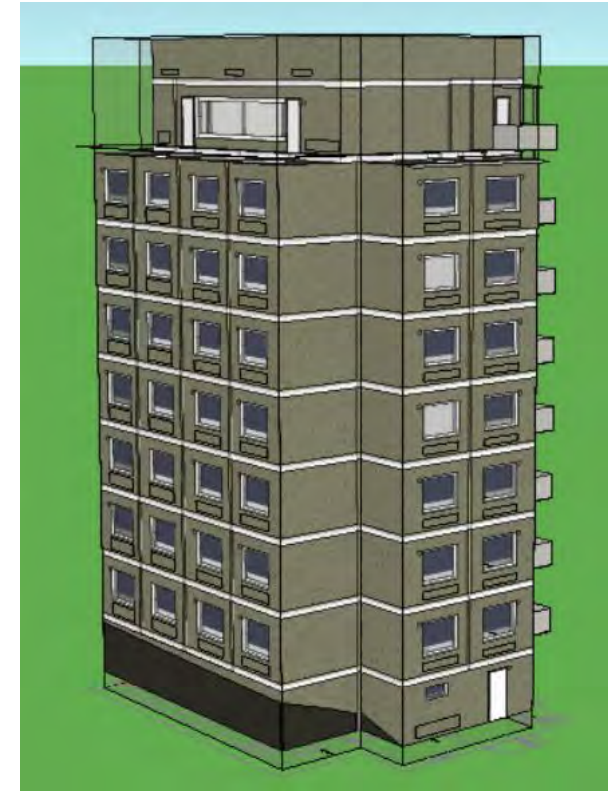


Kerrostalo 2: Lehmusrinne 4

Toinen esimerkki kiinteistö sijaitsee Lehmusrinteellä, Hämeenlinnassa. Tämä alue on noin 2.5 km keskustasta, ja Hämeen ammattikorkeakoulun vieressä. H1 ja H2 ovat identtiset kerrostalot ja ne ovat tarkoitettu opiskelijoille. Kerrostalot olivat rakennetut 1950-luvulta ja saneeratut vuonna 2004–2006. Tarkempaa tietoa remonteista ei ole. Kunnostettujen rakenteiden (katto ja ulkoseinät) uusien u-arvojen oletettiin olevan vuoden 2004 tyyppisiä arvoja.

Molemmissa rakennuksissa on kellari, 1.–8. kerrokset ovat asuntoja, 9. kerroksessa on yhteistiloja ja katon alla on ullakko. Asunnot ovat yksiöt ja kaksiot, ja siellä on keittiö, kylpyhuone ja makuuhuone/makuuhuoneita. Kellarin on osittain maan alla ja siellä on pyörävarasto, varasto, sauna, kuivaushuone, pesutupa, hissikonehuone sekä tekniset tilat.

Lehmusrinteeltä saatiin mallintaa kaksi kohdetta, H1 sekä H2. Niiden samankaltaisuuksien takia vain H1 on simuloitu tätä raporttia varten.



Osoite	Rakennusvuosi	Lämmitysmuoto	Ilmanvaihto	Pinta-ala [m ²]	Tilavuus [m ³]	Jäähdytys
Lehmusrinne 4	1950	KL	Koneellinen poisto	1727	4412	Ei



Vuorentaan koulu: Marssitie 90

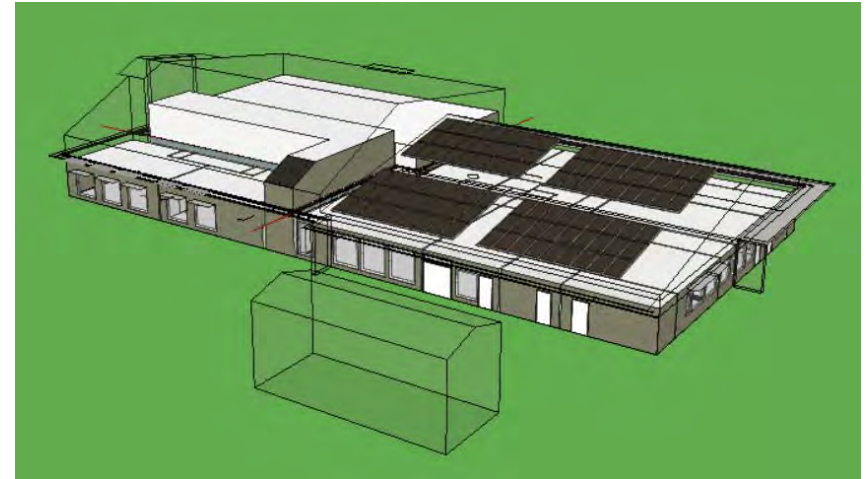
Tämä kiinteistö on toinen kahdesta Hämeenlinnan kaupungin omistamasta julkisesta rakennuksesta, joita simuloidaan ja esitellään tässä artikkelissa.

Vuorentaan koulu sijaitsee osoitteessa Marssitie 90, Vuorentaan kaupunginosassa. Koulu rakennettiin vuonna 2020 korvaamaan vanhempi koulurakennus, joka on nyt purettu.

Uusi koulu on erittäin energiatehokas rakennus, jonka ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on yli 75 %, $q_{50} 0,8 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ja älyvalot, jotka toimivat auringonvalon voimakkuuden mukaan. Tilojen valaistuksessa on hyödynnetty energiatehokkaita valaistusratkaisuja ja valaistuksen taso säätyy automaattisesti tarpeen ja päivänvalon mukaan.

Lämmitysjärjestelmä on maalämpö, jossa on lisänä aurinkopaneelit. Rakennuksen lämmitykseen käytetty lämpö jaetaan vesikiertoisen lattialämmityksen kautta.

Ilmanvaihto on koneellinen tulo/poisto. Koulu on tarkoitettu 4.–6. luokalla opiskeleville lapsille ja se on suljettu kesällä. Kuvassa on koulun 3D-malli IDA ICE -ohjelmistossa etelänpuoleiselta sivulta katsottuna. Koulun alakatolla on aurinkopaneelit, jotka sijaitsevat rakennusten oikealla puolella. Vasemmalla puolella oleva katto on korkeampi teknisen tilan vuoksi.



Osoite	Rakennusvuosi	Lämmitysmuoto	Ilmanvaihto	Pinta-ala [m ²]	Tilavuus [m ³]	Jäähdytys
Marssitie 90	2021	MLP	Koneellinen tulo/poisto (LTO 75%)	1219	3836	Kyllä



Katuman päiväkot: Mustikkatie 5

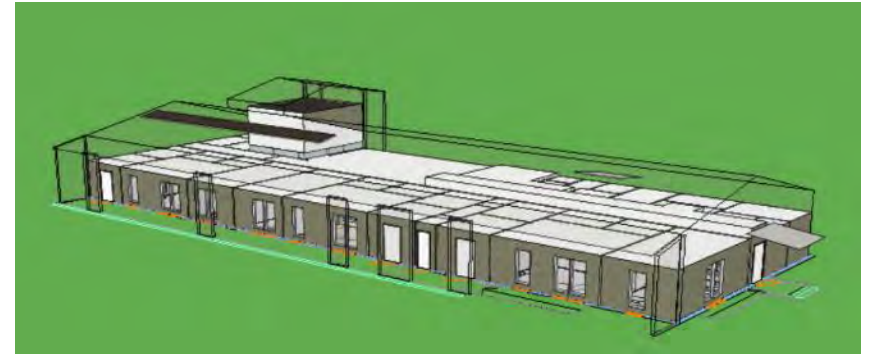
Katuman päiväkoti on toinen Hämeenlinnan kaupungin omistama julkinen rakennus, jota analysoidaan tässä artikkelissa.

Tämä rakennus on rakennettu viime vuosina (tarkemmin sanottuna vuonna 2020) ja siinä on myös maalämpöpumppu vesikiertoisella lattialämmityksellä. Etelään suuntautuvalle kattopinnalle on asennettu 21 aurinkosähköpaneelia. Rakennusta lämmitetään maalämpöpumpulla sähkövastuksella ja tiloja lämmitetään lattialämmityksellä. Rakenne on puurunkoinen, ja rakennus on 1 ja puoli kerrosta korkea.

Päiväkodissa on tilat 3 lapsiryhmälle, ja niissä on märkätilat, leikkihuoneet, lepohuoneet ja wc:t. Näiden lisäksi on keittiö ja ruokala, toimistot henkilökunnalle ja siivoushuoneet. Yläkerrassa on vain IV-konehuone.

Päiväkoti on suljettu heinäkuussa.

Päiväkotien kaltaisia rakennuksia on melko haastavaa simuloida, koska lapsiryhmien toiminta vaihtelee jatkuvasti. Huoneita voidaan käyttää lyhyemmän aikaa ja ilman erityisiä aikatauluja, joten arvioita oli vaikea tehdä.



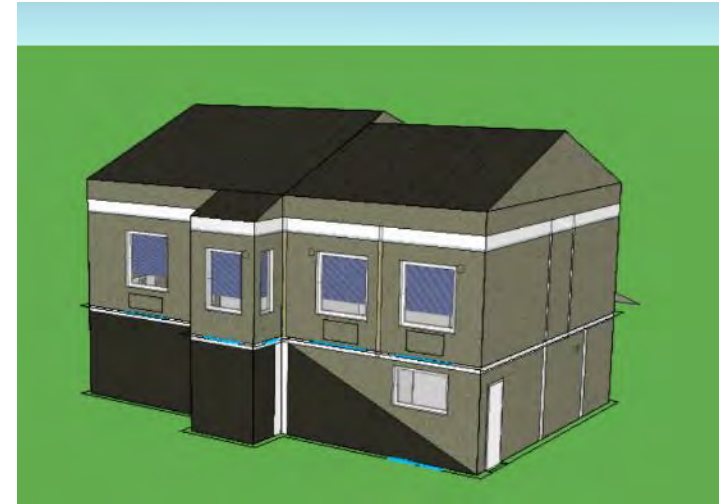
Osoite	Rakennusvuosi	Lämmitysmuoto	Ilmanvaihto	Pinta-ala [m ²]	Tilavuus [m ³]	Jäähdytys
Mustikkatie 5	2020	MLP	Koneellinen tulo/poisto	887	2442	Kyllä



Omakotitalo: Vuokontie 24

Omakotitalo sijaitsee Hämeenlinnan Vuokontie 24:ssä, ja se on rakennettu vuonna 1993. Talo on rakennettu tontille mäkiseen maastoon, joten kellarit ovat osittain maanpinnan alapuolella. Talo on jaettu kahteen kerrokseen, kellarissa on sisäänkäynti, takkahuone, kodinhuoltohuone, puku- ja pesuhuone, sauna, wc ja kaksi varastoa. Ensimmäisessä kerroksessa on avoin keittiö/olohuone, kylpyhuone, ja kolme makuuhuonetta. Lämmitysjärjestelmä on suorasähkö, kellarissa lämpö jaetaan lattialämmityksen kautta, ja ensimmäisessä kerroksessa on sähköiset patterit ja ilmalämpöpumppu. Rakennus on pääosin alkuperäisessä kunnossaan, mutta kattoon lisättiin lisäeristystä. Koska tarkempia tietoja ei ollut, katon U-arvoksi oletettiin 0,14 W/(m²*K). Olohuoneeseen lisättiin myös ilmailmalämpöpumppu (ILP), jonka lämmitystehoksi oletetaan 3,5 kW. Kellarissa on varaava takka ja keittiössä leivinuuni, jotka molemmat toimivat puupolttoaineena ja joita

käytetään usein talviaikaan sekä lämmitykseen, että ruoanlaittoon, joten ne on otettu huomioon simuloinnissa. Kuvassa on 3D-malli omakotitalosta eteläisestä julkisivusta katsottuna. Kellarijulkisivujen tummemmat alueet ovat maan pinnan alla olevia osia. IDA ICE -ohjelman on vaikea laskea maan alla sijaitsevia rakenteita, joten simulaatiota varten maanalainen osa tehtiin mahdollisimman yksinkertaisesti. Tuloksia tarkastellessa tämä oli riittävä, vaikka ohjelma antoi varoitukset, kun ohjelmaa ajoi.



Osoite	Rakennusvuosi	Lämmitysmuoto	Ilmanvaihto	Pinta-ala [m ²]	Tilavuus [m ³]	Jäähdytys
Vuokontie 24	1992	Suorasähkö + ILP + varaava takka	Koneellinen poisto	240	584	Ei



Rivitalo: Koppelintie 42

Työpaketissa 2 analysoitiin myös rivitalon tapausta. Rivitalo sijaitsee Riihimäellä Koppelintie 42:ssa, ja siihen kuuluu kolme eri rakennusta, talo A, B ja C. Kaikki kolme taloa on liitetty kaukolämpöverkkoon.

Talo A on rakennettu uudestaan vuonna 2020, kun talot B ja C ovat alkuperäisiä taloja vuodelta 1992. Kun tätä tutkimustapausta simuloitiin, jokaiselle rakennukselle luotiin oma malli, jotta simulointiprosessi olisi sujuvampi.



Talo A



Talo B



Talo C

Osoite	Rakennusvuosi	Lämmitysmuoto	Ilmanvaihto	Pinta-ala [m ²]	Tilavuus [m ³]	Jäähdytys
Koppelintie 42 A talo	2020	KL	Koneellinen tulo/poisto (LTO)	451	1074	Ei
Koppelintie 42 B talo	1992	KL	Koneellinen poisto	401	946	Ei
Koppelintie 42 C talo	1992	KL	Koneellinen poisto	418	998	Ei



HAMK Smart Bio: Visakaarre 7

SmartBio- rakennus on nykyaikainen tutkimus-, laboratorio- ja koulutusrakennus, jossa on edistyselliset tilat ja tekniset järjestelmät. Rakennuksessa on sijoitettu tilat elintarviketekniikan ja biotekniikan koulutusohjelma sekä SmartBio-kärkiekosysteemitointa. Rakennuksen korkeus on 13 m koostuen kahdesta kerroksesta ja ullakkokerroksesta. Kantavina rakenteina ja samalla päärakennusmateriaalina toimii teräsbetoni. Rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystarpeet hoidetaan teknisessä keskuksessa.



Keskus koostuu maalämpöpumpusta, joka on yhdistetty 6 porausreikään, joiden syvyys on 330 m. Kaukolämpö toimii lisälämmönlähteenä Järjestelmään kuuluu kaksi 1 m³ lämpövaraajaa, yksi kuumalle ja toinen kylmälle vedelle. Lisäksi ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspattereita syöttävään ulkoilmalämmönvaihtimeen on kytketty kompressorijäähdytin. Lisäksi maalämpöpumppu tarjoaa jäähdytystä tilakohtaisille puhallinkonvektoreille. Tilojen lämmitys hoidetaan pääasiassa vesikiertoisella lattialämmityksellä, lukuun ottamatta viittä tilaa, jotka lämmitetään vesikiertoisilla lämmityspattereilla. Ilmanvaihtojärjestelmä koostuu neljästä ilmanvaihtokoneesta. Niistä kolmessa on ristivirtauslevylämmönvaihdin ja yökylmäilmanvaihtojärjestelmä sekä yksi pyörivä lämmönvaihdin. Kaikissa ilmanvaihtokoneen tuulettimissa voidaan säätää ilmamäärää.

Osoite	Rakennusvuosi	Lämmitysmuoto	Ilmanvaihto	Pinta-ala [m ²]	Tilavuus [m ³]	Jäähdytys
Visakaarre 7	2024	MLP+KL	Koneellinen tulo/poisto	2156	7348	Kyllä

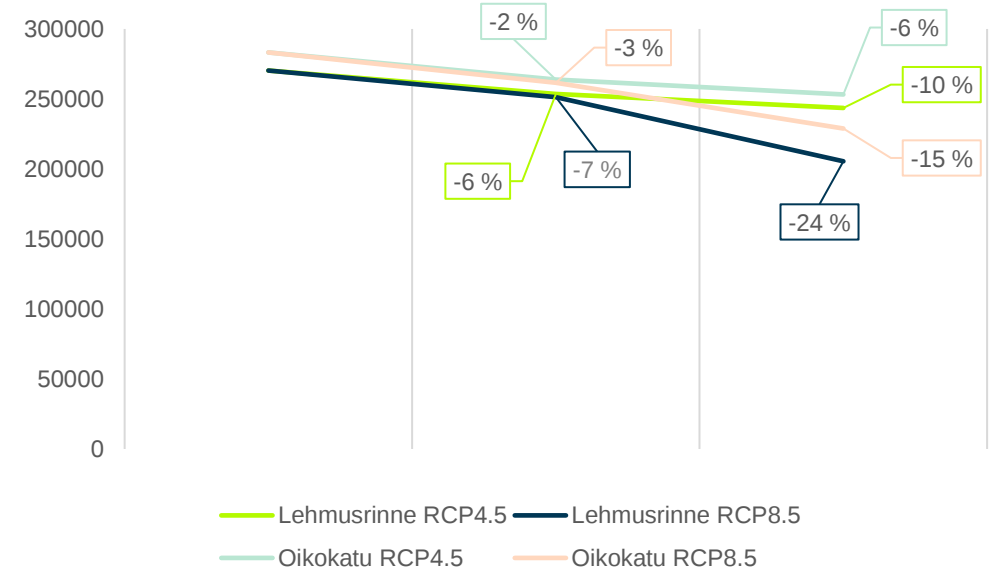


Simulointien tulokset: kerrostalot

Molemmat kerrostalot lämmitetään kaukolämmöllä (KL), jota käytetään myös lämpimän käyttöveden (LKV) lämmitykseen. Rakennukset ovat muodoltaan erilaisia, mutta pinta-alaltaan ja tilavuudeltaan samanlaisia, ja energiankulutus on nykytilanteessa melko samanlainen (noin 280000 kWh Oikotien kerrostalossa ja 270000 kWh Lehmusrinteen rakennuksessa). Molemmissa tapauksissa kaukolämmön kulutus vähenee tulevaisuuden skenaarioissa, erityisesti Lehmusrinne-rakennuksessa. Tämä voi johtua siitä, että rakennusta on peruskorjattu laajasti vuosina 2004-2006, minkä vuoksi sen rakenteet ovat paremmin eristettyjä ja lämmitystarve on pienempi kuin toisessa tapauksessa. Molemmissa tapauksissa ylikuumeneminen on ongelma erityisesti vuonna 2050 sääskenaariossa RCP8.5. Simulointien mukaan Lehmusrinne-kerrostalo ylikuumenee jo nykyisessä ilmastossa, kun taas Oikotie-kerrostalo ei ylikuumene. Tämä johtuu todennäköisesti näiden kahden rakennuksen erilaisesta geometriasta, sillä ensin mainittu on yhdeksänkerroksinen ja siinä ei ole varjostavia elementtejä (kuten parvekkeita), kun taas jälkimmäinen koostuu kolmesta kerroksesta ja siinä on parvekkeita ja ikkunoita varjostavia kattoelementtejä.

Koska molemmissa rakennuksissa on poistoilmanvaihtojärjestelmä, on melko haastavaa löytää ratkaisuja, joilla sisälämpötila pidetään alle 27 °C:n, erityisesti Lehmusrinne-kerrostalossa, jossa vain yhdessä asunnossa kerroksessa on pieni parveke, jolle ilmastointilaitteen ulkoyksikkö voitaisiin asentaa.

LÄMMITYS RCP4.5 JA RCP8.5





Simulointien tulokset: omakotitalo

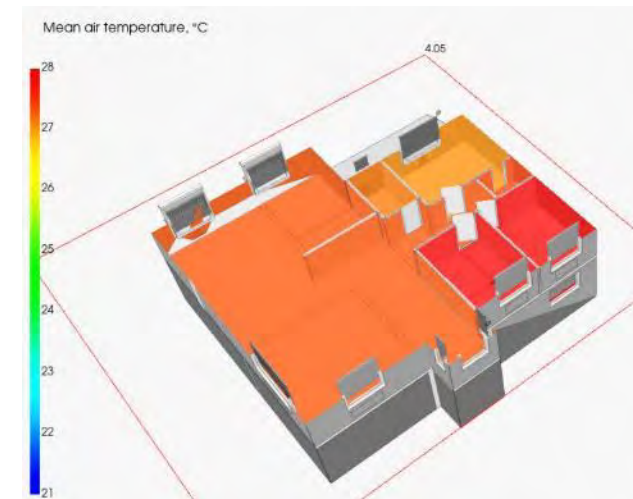
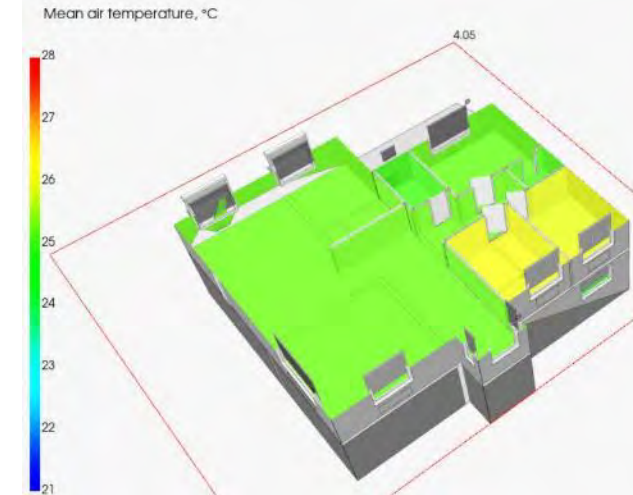
Nykyisessä sääskenaariossa simulaatioiden mukaan omakotitalon maksimilämpötila on 27,8 °C. Simuloinnin perusteella voidaan todeta, että kuumimmat huoneet ovat kaksi etelään päin olevaa makuuhuonetta.

Tulevaisuuden sääskenaariossa RCP8.5 vuonna 2050 sisälämpötilat nousevat huomattavasti ja nousevat korkeimmillaan 35,8 °C:een.

Rakennusmääräyksissä ei ole määritetty ylikuumenemisrajoja pientalojen osalta, mutta liian korkeat sisälämpötilat ovat kuitenkin riski asukkaiden terveydelle; erityisesti lasten, vanhusten ja sairastuneiden ihmisten kohdalla. Siksi on tärkeää tutkia mahdollisia viilennys- ja jäähdytysratkaisuja, jotta sisälämpötila pysyisi mieluiten alle 27 °C:n, mutta lämpötila ei kuitenkaan saa ylittää 32 °C:ta.

Tämän kaltaisessa omakotitalossa sisäilman lämpötilan alentamiseen vaikuttavia parannuksia voisivat olla markiisien lisääminen ikkunoihin, jotta aurinko ei paista taloon, ja jäähdytyslämpöpumpun asentaminen.

Markiisien asentaminen ikkunoihin voisi auttaa vähentämään aktiivisen jäähdytyksen tarvetta, jolloin jäähdytyslaite voi käyttää vähemmän sähköä alhaisemman sisälämpötilan ylläpitämiseen.

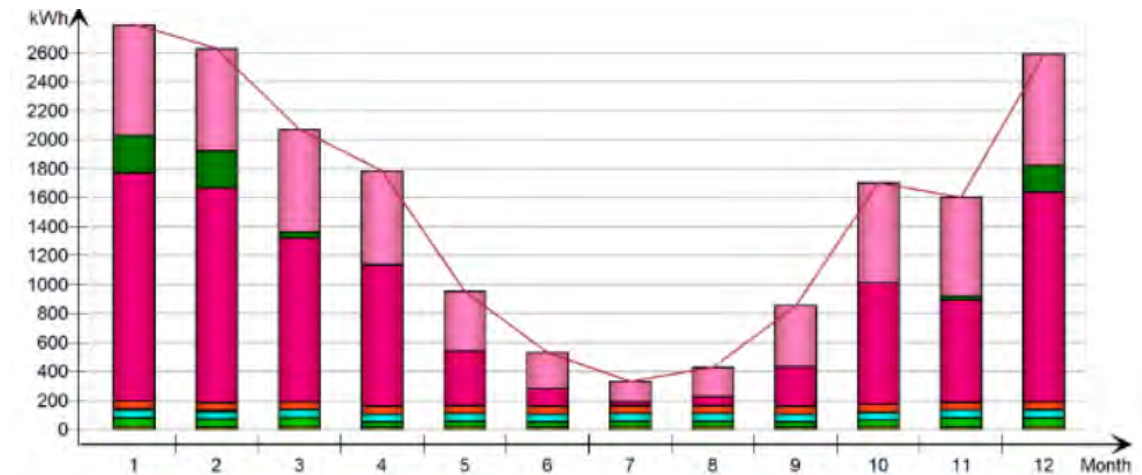


Ylikuumeneminen omakotitalossa TRY2020 (yllä) ja TRY2050 RCP8.5 (alla) skenaarioissa.

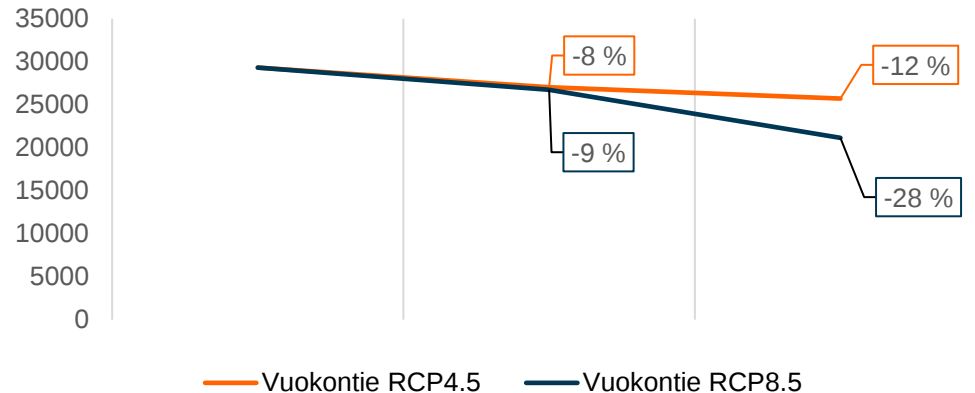


Simulointien tulokset: omakotitalo

Omakotitalon lämmitykseen käytetty energia tarkistettiin nykyisessä skenaariossa ja molemmissa tulevaisuuden sääskenaarioissa (RCP4.5 ja RCP8.5) vuosina 2030 ja 2050. Simulointien mukaan talo käyttää suurimman osan sähköstä lämmitykseen, erityisesti lattialämmitykseen (kellarissa), ILP:iin ja sähköpattereihin (ensimmäisessä kerroksessa). Trendi on samanlainen kaikissa skenaarioissa, mutta energiamäärä on pienempi vuonna 2050 (erityisesti RCP8.5 -skenaariossa). Tämä on linjassa sen oletuksen kanssa, että tulevaisuudessa lämmitykseen käytetään vähemmän energiaa, koska Suomen talvien odotetaan muuttuvan lauhemmiksi.



LÄMMITYS RCP4.5 JA RCP8.5



	Total		Peak demand	
	kWh	kWh/m ²	kW	Time
Valaistus, kiinteistö	210.8	0.9	0.024	20 Dec 11:40
Laitteet, kiinteistö	550.2	2.3	3.628	07 Dec 21:36
LVI sähkö	660.8	2.8	0.07523	20 Dec 11:40
Sähkölämmitys, kiinteistö	21.88	0.1	0.344	01 Feb 08:04
IV-kone, kiinteistö	654.1	2.7	0.07448	21 Dec 21:06
Sähkölämmitys, lattialämmitys	9019.0	37.6	7.107	01 Feb 07:35
Sähkölämmitys, sähköpatteri	771.3	3.2	2.317	01 Feb 08:04
Sähkölämmitys, ILP	6376.6	26.6	1.126	17 Dec 09:09
Total Used	18264.8	76.1		
Electricity balance Kiinteistö	18264.8	76.1		

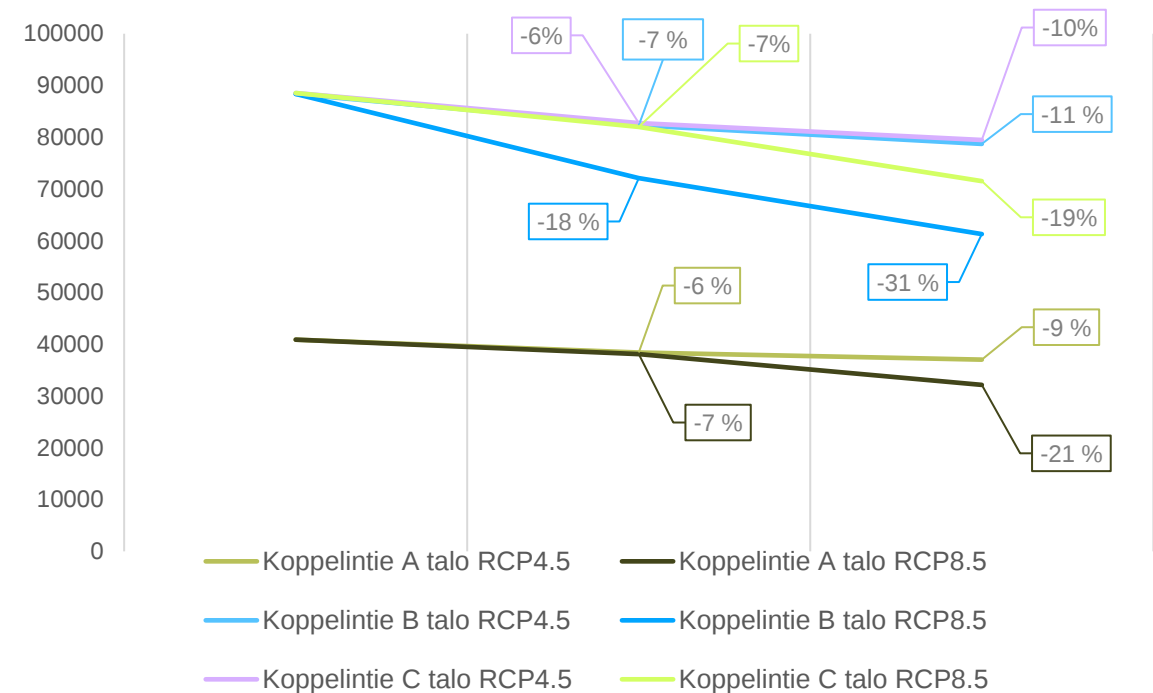


Simulointien tulokset: rivitalot

Rivitalon tapauksessa on kolme rakennusta, A, B ja C. B ja C ovat edelleen alkuperäisiä rakennuksia 1990-luvulta, kun rakennus A rakennettiin uudelleen vuonna 2020. Kaikki kolme taloa on liitetty kaukolämpöön ja uudessa talossa on koneellinen ilmanvaihto, mutta vanhemmissa taloissa pelkkä poistoilmanvaihto. Uudempi rakennus käyttää huomattavasti vähemmän energiaa tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen, kun taas kahdessa vanhemmassa rakennuksessa alkuperäinen energiankulutus on lähes sama. Tulevaisuuden sääskenaarioissa energiankulutus pienenee samalla tavalla, paitsi RCP8.5:n B-talossa, jonka energiankulutus laskee eniten.

Yleisesti ennustetaan lämmitysenergian vähenevän tulevissa sääskenaarioissa, mikä on johdonmukaista muiden tässä hankkeessa analysoitujen esimerkkitapausten kanssa. Ylikuumenemista on havaittu erityisesti kahdessa vanhemmassa talossa, talo B:ssä, jossa maksimilämpötila on 35,5 °C ja talo C:ssä 33,9 °C. Tähän vaikuttaa todennäköisesti rakennusten suuntaus, sillä talo B:n ikkunat ovat itään ja länteen päin, kun taas talo C:n suuremmat ikkunat ovat pohjoiseen päin. Sisälämpötiloja voidaan hallita esimerkiksi asentamalla ikkunoihin markiiseja ja lisäämällä ilmalämpöpumppu.

LÄMMITYS RCP4.5 JA RCP8.5

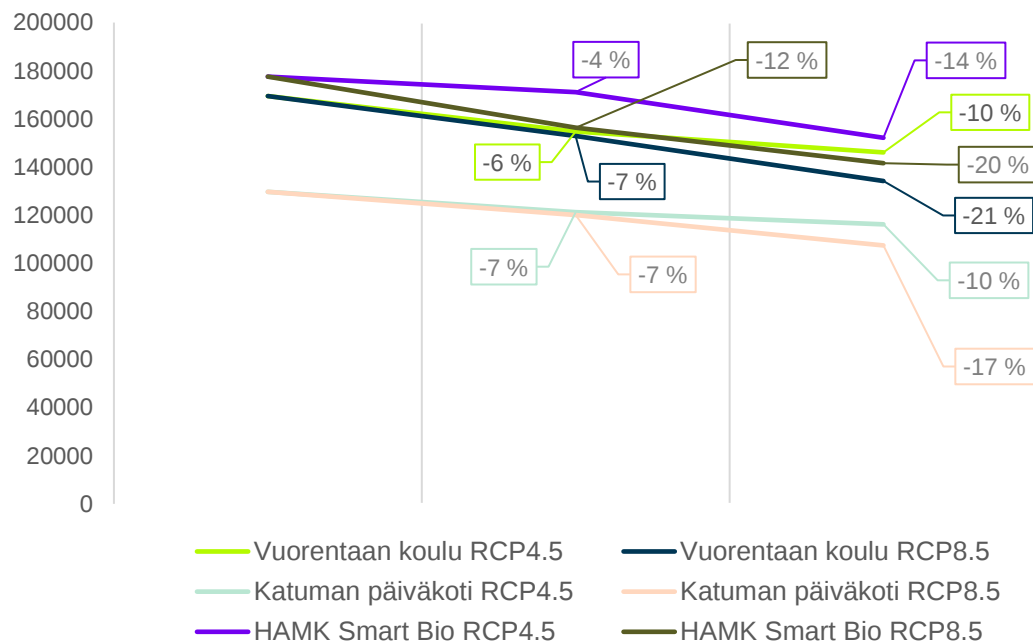




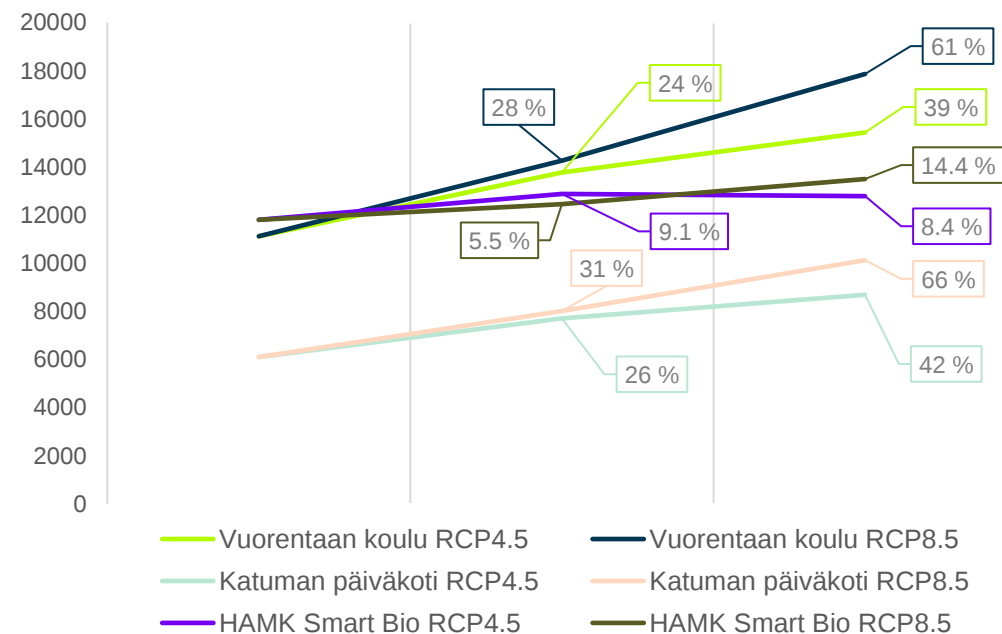
Simulointien tulokset: opetusrakennukset

Kaikki kolme tutkittua opetusrakennusta lämmitetään maalämpöpumpulla ja jäähdytetään. Vuorentaan koulun ja Katuman päiväkodin tapauksessa lämpöpumpun lisäksi katolle on asennettu aurinkopaneelit. Näissä tapauksissa voitiin simuloinneilla tarkistaa, miten tulevaisuudessa sääskenaarioissa lämmitys- ja jäähdytysenergiankulutukset kehittyvät. Kaikissa kolmessa tapauksessa lämmitykseen käytetyn energian määrä vähenee, erityisesti vuonna 2050 RCP8.5:llä, kuten muissakin tutkimustapauksissa on havaittu. Jäähdytystarve lisääntyy huomattavasti tulevaisuudessa sääskenaarioissa, erityisesti vuoden 2050 RCP8.5:ssä kaikissa kolmessa tutkimustapauksessa.

LÄMMITYS RCP4.5 JA RCP8.5



JÄÄHDYTYS RCP4.5 JA RCP8.5





Toimenpide-ehdotukset: rakenteelliset toimenpiteet

Rakennusta rakenteellisesti korjattaessa on myös mahdollista parantaa merkittävästi sen energiatehokkuutta. Esimerkiksi vaihtamalla huonokuntoisia ikkunoita ja ulko-ovia tai lisäämällä eristystä erityisesti kattoon voidaan vähentää rakennuksen lämmittämiseen tarvittavaa energiamäärää. Rakenteiden eristystä ja tiiviyttä parantamalla sisäilman lämpötila pysyy tasaisempana.

Oikealla olevassa taulukossa on esitetty vaadittavat u-arvojen vähimmäisarvot, kun tehdään rakenteellisia energiaremontteja. (YM, 2013)

Rakennusosa	Vaatus
Ulkoseinä	Alkuperäinen U-arvo x 0,5 (enintään 0,17 W/(m ² K)).
Yläpohja	Alkuperäinen U-arvo x 0,5 (enintään 0.09 W/(m ² K)).
Alapohja	Energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan.
Ikkunat ja ulko-ovet	U-arvo 1.0 W/(m ² K) tai parempi.

Rakennusosa	Toimenpiteet
Ikkunat ja ulko-ovet	Vanhojen ikkunoiden tiivistys, tai ikkunoiden vaihto jos heikkokuntoiset. Ulko- ja parvekeovien uusiminen.
Yläpohja	Lisälämmöneristys, jos on tilaa.
Ulkoseinät	Lisälämmöneristys kun ulkokuori on korjauksen tarpeessa.
Alapohja	Lisälämmöneristys kylmään kellariin.
Putkiremontti	Uudet vesikalusteet ja vesijohtoverkon painetaso. Huoneistokohtaisten vesimittareiden asentaminen (jos kerrostalo). Vesijohtoverkon eristystason parantaminen.



Toimenpide-ehdotukset: tekniset toimenpiteet

Rakennusten energiatehokkuutta on mahdollista parantaa myös parantamalla niiden järjestelmiä, kuten ottamalla käyttöön rakennusautomaatio ja muuttamalla sähkölaitteita (esimerkiksi asentamalla LED-lamput) sekä parantamalla ilmanvaihtoa.

Ympäristöministeriön asetuksen 4/13 5 §:ssä on joitakin teknisiä järjestelmiä koskevia vaatimuksia (ks. taulukko oikealla).

Tekninen järjestelmä	Vaatus
Lämmöntalteenotto	LTO:n vuosihyötysuhteen on oltava väh. 45%
Koneellinen tulo- ja poistojärjestelmä	Ominaisähköteho enintään 2,0 kW/(m³/s)
Koneellinen poistoilmajärjestelmä	Ominaisähköteho enintään 1,0 kW/(m³/s)
Ilmastointijärjestelmä	Ominaisähköteho enintään 2,5 kW/(m³/s)
Lämmitysjärjestelmien hyötysuhde	Parannetaan mahdollisuuksien mukaan
Vesi ja/tai viemärijärjestelmät	Uusimiseen sovelletaan, mitä uudisrakentamisesta säädetään.

Järjestelmä	Toimenpiteet
Ilmanvaihto	Koneellinen poisto: lisätään poistoilmalämpöpumppu (PILP), jos kerrostalo. Lämmöntalteenottolaitteet (LTO): jos vanhoja, vaihdetaan energiatehokkaisiin. Puhaltimien uusiminen (paine-ohjaus).
Sähkö	Vaihto LED-valaisimiin, kodinkoneiden vaihto.
Lämmitysjärjestelmä	Tasapainotus. Jos lisälämmöneristys on lisätty, lämmitysjärjestelmään tarvitaan vähintään säätöjä.
Öljylämmitys	Vaihdetaan (esim. maalämpöpumppuun, tai ilmavesilämpöpumppuun tai puulämmitykseen).
Aurinkopaneeli	Laitetaan omalle katolle, jos mahdollista.
Suorasähkölämmitys	Lisätään ilmalämpöpumppu (ILP).



Toimenpide-ehdotukset: viilennys- ja jäähdytyskeinot

Viilennys ja jäähdytys eivät ole synonyymejä, vaikka molemmat viittaavatkin lämpötilan hallintaan.

Oleskelutilojen jäähdytyksellä tarkoitetaan järjestelmää, jolla asunnon sisälämpötila saadaan pidettyä haluttuna lähes kaikissa olosuhteissa. Oleskelutilojen viilennyksellä tarkoitetaan pienitehoisempaa järjestelmää, jolla sisäilman lämpötilan nousua pyritään rajoittamaan tuloilman lämpötilaa laskemalla tai muilla viilennysjärjestelmillä. Suurten auringolta suojamattoimien ikkunoiden, muiden asunnon sisäisten lämmönlähteiden tai korkean ulkolämpötilan aiheuttamaa sisäilman lämpötilan nousua ei voida kokonaan estää. Viilennys kohentaa kuitenkin asumismukavuutta leikkaamalla suurimmat lämpötilannousut ja mahdollisesti poistamalla sisäilmasta kosteutta. (Talotekniikkainfo, 2024)

Tulevaisuuden sääskenaarioissa, erityisesti vanhemmissa rakennuksissa, on simuloinneilla todistettu, että sisälämpötila nousee merkittävästi. Jotta rakennusten asukkaiden ja käyttäjien viihtyvyys voidaan varmistaa, on tärkeää pohtia keinoja lämpötilojen hallitsemiseksi. Lämpötilojen nousuun on kaksi lähestymistapaa: passiiviset ja aktiiviset keinot. Ensimmäistä vaihtoehtoa kannattaa suosia, koska se ei edellytä ylimääräisen energian (kuten sähkön tai muiden jäähdytyslähteiden) käyttöä. Pelkät passiiviset jäähdytysratkaisut eivät kuitenkaan välttämättä riitä takaamaan lämpömukavuutta, mutta ne auttavat kuitenkin lieventämään aktiivisten menetelmien energiankulutusta.

Passiivisia keinoja	Aktiivisia keinoja
Markiisit ikkunoihin	Ilmalämpöpumppu
Varjostavat elementit (kuten rakennusta ympäröivä kasvillisuus)	Jäähdytyspaneeli
Kaihtimet ikkunoihin	Jäähdytyspalkki
	Lattiaviilennys
	Puhallinkonvektori



**Euroopan unionin
osarahoittama**



HAMK
Hämeen ammatti-
korkeakoulu



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Lähteet

Kallioinen, E. (2021). *Ilmastoskenaariot maalaavat erilaisia tulevaisuuskuvia ja auttavat arvioimaan, miten ilmasto eri tilanteissa muuttuisi*. Saatavilla: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/artikkeli/ftlq7hqBrKQ9QxDYoqMri>

Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., van Vuuren, D. P., Carter, T. R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G. A., Mitchell, J. F. B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S. J., Stouffer, R. J., Thomson, A. M., Weyant, J. P., & Wilbanks, T. J. (2010). *The next generation of scenarios for climate change research and assessment*. Nature, 463(7282), 747–756. Saatavilla: <https://doi.org/10.1038/nature08823>

Ympäristöministeriö. (2013). *Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä*. Saatavilla: [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/NUMEROITU-25_2_2013YM__asetus_lopullinen_FIN-\(2\)-924394EF_BED0_42F2_9AD2_5BE3036A6EAD-31396.pdf/24f8256a-4247-8a95-51bf-3f2440bdf5/NUMEROITU-25_2_2013YM__asetus_lopullinen_FIN-\(2\)-924394EF_BED0_42F2_9AD2_5BE3036A](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/NUMEROITU-25_2_2013YM__asetus_lopullinen_FIN-(2)-924394EF_BED0_42F2_9AD2_5BE3036A6EAD-31396.pdf/24f8256a-4247-8a95-51bf-3f2440bdf5/NUMEROITU-25_2_2013YM__asetus_lopullinen_FIN-(2)-924394EF_BED0_42F2_9AD2_5BE3036A)

Talotekniikkainfo. (2024). *Jäähdytyksen ja viilennyksen ero*. Saatavilla: <https://talotekniikkainfo.fi/ratkaisut-etusivu/jaahdytyksen-ja-viilennyksen-ero>



**Euroopan unionin
osarahoittama**



HAMK

Hämeen ammatti-
korkeakoulu



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Raportti on kirjoitettu osana Kanta-Hämeen rakennetun ympäristön sopeutuminen ilmastonmuutokseen (ILMARA) -hanketta. ILMARA-hanke saa osarahoitusta Euroopan Unionilta.