



Henri Vuento

Pientalojen energiatehokkuuden arviointimene- telmät ohjelmistoa ja tekoälyä hyödyntämällä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

Insinöörityö

22.04.2025

Tiivistelmä

Tekijä:	Henri Vuento
Otsikko:	Pientalojen energiatehokkuuden arviointimenetelmät ohjelmistoa ja tekoälyä hyödyntämällä
Sivumäärä:	33 sivua
Aika:	22.04.2025
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Tieto- ja viestintätekniikka
Ammatillinen pääaine:	Ohjelmistotuotanto
Ohjaajat:	Lehtori Jorma Rätty Kehitysjohtaja Patrick Malmström

Tässä insinööriyössä tutkitaan ratkaisua pientalojen energiatehokkuuden arviointiin ohjelmallisesti. Nykyiset ratkaisut talon energiatehokkuuden kartoittamiseen ja energiatodistuksen laatimiseen edellyttävät aina kartoitusta, jonka suorittaa henkilö, jolla on energiatodistuksen laatijan pätevyys. Tässä työssä tutkitaankin vaihtoehtoista ratkaisua, jolla kiinteistön haltija voisi suorittaa energiatehokkuuskartoituksen itsenäisesti.

Insinööriyötä varten tehty ratkaisu kehitettiin Spara Energia Oy:lle. Spara Energia Oy kehittää ja tuottaa ratkaisuja energian säästämiseen ja vihreään siirtymään. Yritys lanseerasi hiljattain uuden Energia App -sovelluksen ja siihen liittyvän uuden energiatehokkuuden mittarin nimeltä Sparaluku. Kehitystyö aloitettiin tekemällä Proof of Concept -sovellus, jolla käyttäjät voivat tarkastella käyttöpaikkansa energiatehokkuutta eri mittareiden kuten Sparaluvun avulla.

Vaikka Energia App -sovelluksen pilotointivaihe on vasta käynnissä ja tarkkoja tuloksia ei ole saatu tämän työn kirjoitushetkellä, voidaan alustavien tuloksien perusteella todeta sovelluksen herättäneen huomattavaa kiinnostusta niin käyttäjissä kuin myös kunnallisella tasolla.

Avainsanat: energiatehokkuus, energiatodistus, kotiautomaatio, tiedonkeruu, tekoäly

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Henri Vuento
Title: Assessment Methods for Energy Efficiency of Detached Houses Utilizing Software and Artificial Intelligence
Number of Pages: 33 pages
Date: 22 April 2025

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Information and Communication Technology
Professional Major: Software Engineering
Supervisors: Jorma Rätty, Senior Lecturer
Patrick Malmström, Director of Development

This thesis introduces a solution for assessing the energy efficiency of detached houses in a programmable manner. Current solutions for mapping the energy efficiency of a house and producing an energy certificate always require an assessment carried out by a person qualified to issue such certificates. This thesis investigates an alternative solution that a property owner could perform independently.

The solution was developed for Spara Energia Oy. Spara Energia Oy develops and produces solutions for energy saving and the green transition. The company recently launched a new application called Energia App along with a new energy efficiency metric called Sparaluku. The development began with the creation of a Proof-of-Concept application, which allows users to view the energy efficiency of their property using various metrics, including Sparaluku.

Although the pilot phase of the Energia App is still ongoing and no precise results were available at the time of writing, preliminary findings indicate that the application has sparked significant interest, both among users and at the municipal level.

Keywords: energy efficiency, energy certificate, home automation, data collection, artificial intelligence (AI)

Sisällys

Sisällys	4
1 Johdanto	1
2 Lähtökohdat	2
2.1 Nykytilanne	2
2.2 EU-direktiivi	3
2.3 E-luku	4
2.4 Tavoite	9
3 Data	11
3.1 Energiankulutus	13
3.2 Sisälämpötila	14
4 Laitteet ja teknologiat	14
4.1 Älysähkömittarista luettava data	14
4.2 Reaaliaikaiskulutus LED-valosta	15
4.3 Sähkötauluun kytkettävät energiamittarit	16
4.4 Kolmivaihemittarit	17
4.5 Shelly ja muut kotiautomaatiot	19
4.6 Pistorasiamittarit	19
4.7 Fingrid Datahub	20
5 Toteutus	21
5.1 Energia App	22
5.2 Ai-Noa	24
6 Tulokset	28
6.1 Sovellus	28
6.2 Pilotti	28
7 Yhteenveto	29
Lähteet	31

Lyhenteet

- IoT: *Internet of Things*. Tarkoittaa laitteiden ja esineiden verkottumista internetiin, jolloin ne voivat kerätä ja vaihtaa tietoa keskenään.
- EPBD: *Energy Performance of Buildings Directive*. On EU:n rakennusten energiatehokkuutta koskeva direktiivi, jonka tavoitteena on parantaa rakennuskannan energiatehokkuutta ja vähentää päästöjä
- Ai-Noa: Spara Energian kouluttama tekoälymalli, joka on erikoistunut energiatehokkuuteen.
- DIN: *Deutsches Institut für Normung*. On Saksan standardointilaitos, joka laatii ja julkaisee kansallisia ja kansainvälisiä standardeja. DIN-standardit määrittelevät teknisiä vaatimuksia tuotteille, palveluille ja prosesseille eri aloilla.
- REST API: *Representational State Transfer Application Programming Interface*. On tapa, jolla eri ohjelmistot voivat kommunikoida keskenään verkon yli.
- MQTT: *Message Queuing Telemetry Transport*. On kevyt viestinvälitysprotokolla, joka on suunniteltu erityisesti IoT-laitteille ja tilanteisiin, joissa verkko on hidas, epävakaa tai kaistanleveys on rajallinen.
- LAN: *Local Area Network*. Eli lähiverkko on verkko, joka yhdistää laitteita rajatulla alueella, kuten kotona, toimistossa tai koulussa.
- POC: *Proof of Concept*. Tarkoittaa konseptin todistusta tai toimivuuden osoitusta. Se on pieni ja rajattu kokeilu tai malli, jonka tarkoituksena on näyttää, että jokin idea, teknologia tai ratkaisu toimii käytännössä.

MVP: *Minimum Viable Product*. Eli minimikelpoinen tuote on tuotteen yksinkertaisin versio, joka sisältää vain tärkeimmät ominaisuudet, joilla se voidaan julkaista ja saada käyttäjiltä palautetta.

Imp/kWh: Tarkoittaa mittauspulssien *impulses* määrää, joita esimerkiksi sähkömittari lähettää jokaista kulutettua kilowattituntia kWh kohden.

1 Johdanto

Tässä työssä tutustutaan talotekniikan kannalta oleellisen tiedon keräämiseen erilaisten kotiautomaatio- ja IoT-laitteiden sekä rajapintojen kautta. Työssä perehdytään energiatodistuksen luonnin perusteisiin, joiden avulla lukija ymmärtää työn kannalta oleelliset energiatehokkuuden mittaus- ja arviointimenetelmät. Pientalojen energiatehokkuus on tämän insinööriyön kirjoitushetkellä hyvinkin ajankohtainen puheenaihe, sillä uusi Euroopan unionin EPBD-direktiivi vaatii toimia talonomistajilta ympäri Eurooppaa, sen vaikutukset ulottuvat noin puoleen miljoonan suomalaisen pientalon omistajaan. Vaikka direktiivi koskettaa koko Euroopan unionia, on tämä insinööriyö rajattu sisällöllisesti vain Suomea koskeviin vaikutuksiin.

Uuden direktiivin myötä Spara Energia on kehittänyt uuden tavan mitata talojen energiatehokkuutta. Spara Energia ohjaa kuluttajaa kohti vihreämpää tulevaisuutta opastamalla kuluttajaa energiansäästöissä. Energia App ja Ai-Noa ovat Spara Energia -keinoja edistämään vihreää siirtymää ja saavuttamaan Euroopan unionin EPBD-direktiivin tavoitteet. Energia App tuo yhteen neljä keskeistä toiminnallisuutta kodin energiatehostuksessa tiedon keräämisestä useisiin integraatioihin ja kotiautomaatioon.

Insinööriyön lopussa arvioidaan Spara Energian ratkaisua ja sen hyötyjä kuluttajalle pilottikotitalouksien käyttäjäkokemusten perusteella. Arvioinnin kohteena on Spara Energian sovellusten keräämä data ja sen luotettavuus ja hyöty käyttäjälle.

2 Lähtökohdat

2.1 Nykytilanne

Suomessa oli vuonna 2023 1 540 194 rakennusta ja näistä noin 1,17 miljoonaa oli omakoti- tai paritaloja [1]. Tämä tarkoittaa sitä, että pientalot eli omakoti- ja paritalot muodostavat yli 70 % Suomen rakennuskannasta. Asumisen yhteenlaskettu energiankulutus oli vuonna 2023 yhteensä noin 63 000 GWh. Tästä suurin osa, 66,2 %, kului asuintilojen lämmitykseen. Käyttöveden lämmitykseen käytettiin myös merkittävä osa (16,0 %) yhteenlasketusta energiankulutuksesta [2]. Suomen rakennuskannan lämmittämisestä noin 35 % tapahtui sähköllä, kun taas puulämmitteisiä rakennuksia oli noin 21 % [2]. Näiden kahden lämmitysmuodon käytöstä suurin osa muodostuu pientalojen lämmityksestä, sillä suurin osa kerrostaloasunnoista on lämmitetty käyttämällä kauko- tai maalämpöä [3]. Lisäksi pientalojen suurempi lämmitettävä pinta-ala ja usein vanhempi rakennuskanta johtavat siihen, että pientalot kuluttavat enemmän energiaa asukasta kohden, kuin esimerkiksi kerrostalot

Viime vuosina pientalojen energiatehokkuus on parantunut uudisrakennuskohdeissa selvästi. Esimerkiksi vuonna 2023 noin 28 % uusista omakoti- ja rivitaloista ylsi A-luokkaan ja noin 70 % luokkaan B. Sen sijaan olemassa olevan rakennuskannan taloista tyypillisin luokka on edelleen D, sillä esimerkiksi vuonna 2023 pientaloista 37 % kuului D-luokkaan. Suomen rakennuskannan energiatehokkuusluokat on esitetty taulukossa 1. Vertailuna kehityksestä vuonna 2013 energiatehokkuusluokkien A–C osuus pientaloissa oli alle 10 %, kun taas heikimpien luokkien (F–G) osuus oli yli 30 %. Vuoteen 2018 mennessä A–C-luokkaisten pientalojen osuus nousi noin 31 %:iin ja F–G-luokkaisten laski noin 5 %:iin. Tämä kertoo uudisrakentamisen ja perusparannusten vaikutuksesta: uudempien talojen osuuden kasvaessa yhä useampi pientalo kuuluu parempiin energialuokkiin. [4; 5.]

Nykyään uudet pientalot sijoittuvat useimmiten C-D luokkaan, mikäli talossa on käytetty energiatehokkaita ratkaisuja, kuten maalämpöä tai aurinkopaneeleita, sijoittuu talo usein A-B luokkaan.

Taulukko 1 Suomen omakoti- ja pientalojen energiatehokkuusluokat [1; 2; 3; 4; 5; 6].

Energiatehokkuusluokka	Määrä (kpl)
A	12 000
B	118 000
C	252 000
D	490 000
E	307 000
F	51 000
G	12 000

2.2 EU-direktiivi

Uusittu rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) tuli voimaan 28. toukokuuta 2024. Tämän direktiiviin seurauksena 103,6 miljoonaa pientaloa tulisi saada energiatehostettua energialuokkaan D vuoteen 2033 mennessä. Lisäksi jos pientalo on energialuokassa G, tulisi saada vuoteen 2030 mennessä luokkaan E. [7; 8.]

Mikäli energiatehostustyö aloitettaisiin 1.1.2025, tulisi energiatehostaa 25 pientaloa minuutissa, jotta direktiivin mukainen tavoite saavutettaisiin. Pelkästään Suomessa energiaremonttia tarvitsee 370 000 pientaloa. Näistä remontoitavista taloista luokassa G on esityksen mukaan noin 15 %. Tällaisen talon omistajalle direktiivi tarkoittaa asunnon rakennusvuodesta ja lämmitysmuodosta riippuen

jopa useiden kymmenien tuhansien eurojen arvoista remonttia. Osaan remonteista on saatavilla erilaisia tukia esimerkiksi lämmitysmuodon muutokseen. [7; 8.]

Valtion kestävän kehityksen yhtiö Motiva Oy on koonnut keinoja, joilla pientaloja saisi energiatehostettua direktiivin vaatimalle tasolle. Esimerkki energiatehostusremontista voisi olla öljylämmitetty 1970-luvun talo, joka uusitaan osissa niin, että ensin hankitaan ilmalämpöpumppu pienentämään lämmityksen öljynkulutusta ja tuomaan mahdollisuuden viilennykseen kesäisin. Toisessa osassa energiaremonttia talon tasakatto muutetaan harjakatoksi, taloon lisätään eristystä, sen takka uusitaan varaavaksi ja asennetaan koneellinen ilmanvaihto. Näillä toimilla talo saadaan nostettua F-luokasta D-luokkaan [9].

2.3 E-luku

Vuodesta 2013 lähtien energiatodistus on ollut Suomessa pakollinen yli 50 m² uudisrakennukselle ja myytävälle tai vuokrattaville vakinaisesti asutuille rakennuksille. Energiatodistuksessa talon energiatehokkuus on esitetty energialuokkana, joka perustuu E-lukuun [10]. E-luku kuvaa talon laskennallista energiankulutusta kilowattitunneissa neliometriä kohden vuodessa eli kWh/m²/vuosi.

E-luvun laskeminen tapahtuu hyvin yksinkertaistettuna seuraavalla kaavalla.

Kaava 1 Yksinkertaistettu E-luvun laskentakaava

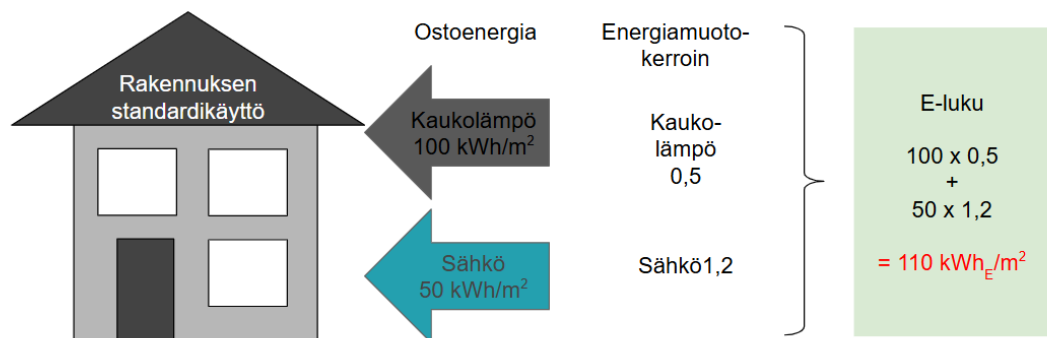
$$E - luku = \left(\sum \text{erienergiamuotojenostoenergia} \cdot \text{ker t oimet} \right) / \text{nettoala}$$

Tässä kaavassa E-luku lasketaan summaamalla kaikki ostoenergian muodot, jotka on kerrottu energiamuotokertoimella Taulukko 2 Energiamuotokertoimet mukaan.

Taulukko 2 Energiamuotokerroimet [11].

Energiamuoto	Kerroin
Sähkö	1,20
Kaukolämpö	0,50
Kaukojäähdytys	0,28
Fossiiliset polttoaineet	1,00
Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,50

Ostoenergialla tarkoitetaan kaavassa kaikessa muodossa ostettua energiaa kilowattitunneissa, ei pelkästään ostosähköä. Ostoenergiaan lasketaan siis mukaan myös esimerkiksi öljykattilassa poltettava öljy. [12.]



Kuva 1 E-luvun laskeminen [13].

Kuvassa 1 on esitetty yksinkertaistettu esimerkki E-luvun laskemisesta, kun pientalossa on ostoenergiaa kahdessa eri muodossa. Tässä esimerkissä tulee huomioida ostoenergian olevan valmiiksi laskettu neliometriä kohden. Kaavaa 1 noudattamalla esimerkkilaskun talon energialuokaksi tulisi siis B, kun katsotaan Kuva 2 Energiatodistuksen E-lukujen raja-arvot esitettyjä E-luvun raja-arvoja.

Energiatodistuksen vertailuluku (E-luku)	168		
Rakennuksen energiatodistussuokka			
Käytetty E-luvun luokittelustaikko	Pienet asuinrakennukset		
Luokkien rajat asteikolla	A: ... 90	B: 91 ... 155	C: 156 ... 192
	D: 193 ... 272	E: 273 ... 402	F: 403 ... 472
	G: 473 ...		
Tämän rakennuksen energiatodistussuokka	C		
<small>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, joita eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</small>			

Kuva 2 Energiatodistuksen E-lukujen raja-arvot [14].

Todellisuudessa energiatodistuksen laatimiseen tarvitaan muitakin tietoja kuin Kaava 1 Yksinkertaistettu E-luvun I antaa ymmärtää. Energiatodistukseen tarvittavat tiedot on esitetty kuvassa 3. Tietojen keräämisessä tulee huomioida, että

niitä voi olla hankala selvittää, jos talo on esimerkiksi vanha ja siihen ei ole tehty peruskorjauksia, joiden asiakirjoista tiedot pystyttäisiin selvittämään.

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka				
Rakennuksen valmistusvuosi		Lämmitetty nettoala		m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q ₅₀		m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	U×A W/K	Osuus lämpöhäviöistä %
Ulkoseinät				
Yläpohja				
Alapohja				
Ikkunat				
Ulko-ovet				
Kylmäsilillat	-	-		
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	Siirtosuora-arvo -	
Pohjoinen				
Koillinen				
Itä				
Kaakko				
Etelä				
Lounas				
Länsi				
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:				
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW / (m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde -	Jäätyminenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet			-	-
Erillispoistot			-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä			-	-
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:				
	Tuoton hyötysuhde -	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde -	Lämpökerroin ¹ -	Apulaitteiden sähkönkäyttö ² kWh/(m ² vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys				
Lämpimän käyttöveden valmistus				
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
² lämpöpumpujärjestelmissä voi sisältyä vuoden keskimääräiseen lämpökerrotimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija				
Ilmalämpöpumppu				
Jäähdytysjärjestelmä				
Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin -				
Jäähdytysjärjestelmä				
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi				
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste -	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²

[Todistustunnus järjestelmästä], 3/8

Kuva 3 E-luvun laskennan lähtötiedot [14].

Kuvan 3 lähtötiedoista valtuutettu energiatodistuksen laatija muodostaa lopullisen energiatodistuksen raportin, josta esimerkki on esitetty kuvassa 4.

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoituksiluokka				
Rakennuksen valmistumisvuosi				
Lämmitetty nettoala, m ²				
E-luku, kWh _e / (m ² vuosi)				
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _e /vuosi kWh _e /(m ² vuosi)	
kaukolämpö sähkö fossiilinen polttoaine kaukojäähdytys				
YHTEENSÄ				
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausitasoin erittely lisätiedoissa)				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinkosähkö Aurinkolämpö Tuulisähkö Lämpöpumpun lämmönlähteestä otama energia Muu ympäristöstä otettu energia, sähkö Muu ympäristöstä otettu energia, lämpö				
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä Tilojen lämmitys ¹ Tuloilman lämmitys Lämpimän käyttöveden valmistus Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus Jäähdytysjärjestelmä Kuluttajalaitteet ja valaistus				
YHTEENSÄ				
¹ Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys ² Ilmanvaihdon lämmitys ³ Lämpimän käyttöveden valmistus Jäähdytys				
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa ³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko Henkilöt Kuluttajalaitteet Valaistus Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				

[Todistustunnus järjestelmästä], 4/8

Kuva 4 E-luvun laskennan tulokset [14].

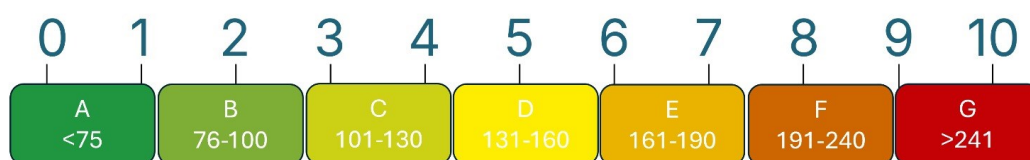
2.4 Tavoite

Sparan kehittäminen Sparaluku voisi olla vaihtoehto nykyiselle E-luvulle.

Sparaluku on uusi mittari, joka kuvaa pientalon neliökohtaista energiatehokkuutta ja kykyä suojautua kylmältä tai kuumalta. Se perustuu todelliseen energiankulutukseen ja lasketaan kodin lämmitysenergian tarpeesta suhteessa ulko- ja sisälämpötilan eroon. Sparalukua käytetään energiahukan tunnistamiseen ja vähentämiseen sekä energiatehostustoimenpiteiden vaikutusten arviointiin.

Sparaluvulla on 4 tarkkuustasoa, joista kevein analyysi, joka on ohjelmiston käyttöönoton yhteydessä laskettava tarkkuusaste, antaa vain hyvän yleiskuvan tilanteesta talossa, kuten energiatodistus. Tämä malli kertoo niin sanotun lähtötason, sen avulla selviää, kuinka paljon rakennuksessa on korjattavaa. Luku päivittyy energiatehostusten myötä paremmaksi. Tarkempien mallien avulla voidaan jo ennustaa tarkkoja säästöpotentiaaleja ja parannusten tarkempia vaikutuksia.

Kuva 5 Sparaluku Verrattuna E-lun voidaan tulkita, miten Sparaluvun arvot vertautuvat nykyisen energiatodistuksen E-lukuun. Talon omistajan tulisi siis tähdätä Sparaluku arvoon viisi vuoteen 2033 mennessä.



Suuntaa - antava hahmotelma Sparaluvusta vs. Energiatodistus. D:hen tulisi päästä vuoteen 2033 mennessä.

Kuva 5 Sparaluku Verrattuna E-lukuun.

Sparaluvun merkittävä ero energiatodistuksessa käytettävään E-lukuun verrattuna on sen reaaliaikaisuus ja perustuminen rakennuksen todelliseen lämpökäyttämiseen. Perinteinen E-luku perustuu laskennallisiin arvioihin, jotka eivät välttämättä pidä täysin paikkaansa varsinkaan vanhoissa kohteissa, joissa ei välttämättä ole tarkkaa tietoa rakennusmateriaaleista ja niiden kunnosta.

Kuten aikaisemmin mainittiin, Sparaluku analysoi myös kulutustiedot usealla eri tasolla. Nämä Sparaluvun korkeammat tarkkuusmallit mahdollistavat entistä tarkemman arvioinnin. Sparaluvun laatiminen on myös kustannustehokkaampi ratkaisu kuin E-luvun laskeminen, sillä Sparaluvun voi jokainen käyttäjä laskea itse Energia App -sovelluksen avulla. Käyttäjän tulee ainoastaan tietää kotinsa sisälämpötila ja muutamia perustietoja rakennuksesta alimman tarkkuuden Sparalukua varten. Energiatodistuksen laatimiseen vaaditaan laajempien taustatietojen lisäksi myös energiatoimistuksen laatijan pätevyudet. Eli todistuksen laatijan tulee rekisteröity energiatoimistusten laatijoista pidettävään rekisteriin ja täyttää toiminnan harjoittamisen yleiset edellytykset [15]. Käytännössä siis energiatoimistuksen tulee olla valtuutetun insinööritoimiston laatima. Todistus on voimassa 10 vuotta, eikä sen aikana tapahtuvia rakenteellisia heikentymisiä tai vuotoja näe todistuksesta.

Energiatodistuksen laatiminen maksaa Motiva Oy:n tietojen mukaan olemassa olevalle pientaloille noin 300–400 euroa ja rivitaloille keskimäärin noin 510 euroa. Uudisrakennusten vastaavat hinnat ovat pientalolle noin 200–300 euroa ja rivitalolle noin 450 euroa [16]. Sparaluku ei maksa käyttäjälle mitään, mutta mikäli käyttäjä haluaa parantaa Sparaluvun tarkkuutta kohti reaaliaikaista, tulee hänen tehdä pieniä kotiautomaatioinvestointeja.

3 Data

Ennen kuin talon energiatehokkuutta voidaan alkaa laskemaan ja arvioimaan joko E-lukua käyttäen tai vaihtoehtoisesti uutta Sparalukua hyödyntämällä, tulee ensin kerätä kuhunkin menetelmään vaadittavat lähtötiedot joko käsin tai ohjelmallisesti avustettuna. E-luvun kohdalla kerätään luvussa 2.3 esitetyn kuvan 3 mukaiset lähtötiedot. Tiedot saadaan rakennuksen luovutusaineistosta esimerkiksi arkkitehtipiirustuksista ja rakennuksen teknisistä kuvauksista. Jos luovutusaineisto ei ole saatavilla, joudutaan rakennukseen tekemään kartoitus tietojen selvittämiseksi. Tilanteissa, joissa rakennuksen tiedot ovat vanhoja,

joudutaan lähtötiedot arvioimaan uudestaan. Esimerkiksi kymmeniä vuosia vanhat eristeet menettävät tehoaan jopa monia kymmeniä prosentteja laskennallisesta tehostaan, koska vuosien saatossa eristeet kuluvat, painuvat kasaan tai mahdolliset tuholaiset vahingoittavat eristemateriaaleja. [17.]

Sparaluvun laskemiseen ei vaadita yhtä tarkkoja lähtötietoja kuin E-luvun laskemiseen. Sparaluku voidaan laskea rakennuksen perustietojen, kuten rakennusvuoden, pinta-alan ja muun vastaavan helposti saatavilla olevan tiedon perusteella.

Kuvassa 6 on esitetty eri vuosikymmenillä rakennettujen rakennusten energiankulutuksia. Kuvasta voidaan huomata, kuinka lämmitysenergian tarve kasvaa sen mukaan, mitä vanhempi talo on kyseessä.

Rakennusten energiankulutus:		Paljonko eri aikakausina rakennetut talot kuluttavat nyt?				
Kulutus	->1960	1960 ->	1970 ->	1980 ->	2003 ->	Ekotalot
Energia hyvän sisäilman lämpötilan ylläpitämiseen, kWh/m ² vuodessa						
Lämmitys	160-180	160-200	120-160	100-140	80-120	40-60
Laitteistojen sähkönkulutus, kWh/m ² vuodessa						
Talotekniikka	20-30	20-30	20-40	20-40	10-30	10-30
Asukkaiden energiankulutus, kWh/m ² vuodessa						
Lämmin vesi	20-60	20-60	20-60	20-60	20-50	20-40
Kotitaloussähkö	20-40	20-40	20-40	20-40	20-40	20-30
Yhteensä, kWh/m ² vuodessa						
Asuminen	220-310	220-330	180-300	160-280	130-240	90-160

Kuva 6 Eri vuosikymmenillä rakennettujen rakennusten energiankulutuksia [17].

3.1 Energiankulutus

E-luvun ja Sparaluvun laskemiseen tarvitaan perustietojen lisäksi rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen tiedot. Kuten luvussa 2.3 kuvattiin, tämä tarkoittaa ostoenergian määrää. Ostoenergian määrästä tulee sähkön kohdalla vähentää kulutuselektronikan ja muiden poikkeuksellisten suurien kuluttajien käyttämä sähkö. Esimerkiksi sähköauton vuosittainen kulutus (noin 2 600 kWh) vääristäisi huomattavasti vuositasolla saatavaa tulosta, sillä se voi olla jopa neljännes omakotitalon lämmitysenergian tarpeesta [18]. Kuluttajalaitteet ja valaistus otetaan kuitenkin huomioon, sillä ne tuottavat myös lämpöenergiaa, joka vaikuttaa lämmityksen tarpeeseen. Vaikka yksittäisen laitteen tai lampun vaikutus on minimaalinen, voi kaikkien laitteiden yhteisvaikutus olla huomattava.

Sähkön osalta energiankulutus on helppo selvittää suoraan sähköyhtiöltä tai Fingridin Omadatahub-palvelusta. Kulutustiedon erittely laitekohtaiseksi ei kuitenkaan nykyisillä palveluilla ole mahdollista, sillä niistä saatava tieto perustuu sähkömittarista saatavaan lukemaan. Talon passiivikulutus voidaan mitata ajanjaksoilta, jolloin sähkölaitteet eivät ole käytössä, kuten yöaikaan. Tällöin laitekohtainen kulutus jää edelleen selvittämättä. Tämä tieto saadaan selvitettyä suuntaa antavasti katsomalla laitteen valmistajan ilmoittamia kulutustietoja. Valmistajan kulutustiedot eivät kuitenkaan välttämättä pidä täysin paikkaansa. Esimerkiksi tietokone, jonka virtalähteeksi valmistaja ilmoittaa 1 000 W, ei todellisuudessa kuluta jatkuvasti tätä määrää. Todellisuudessa tietokone kuluttaa raskaan kuormituksen aikana keskiarvolta noin 70 % huipputehosta [19].

Todellinen tarkka laitekohtainen kulutus saadaan mittaamalla lukema pistorasian ja laitteen väliin asennettavalla mittarilla. E-lukua laskettaessa tätä todellista kulutusta ei mitata, vaan kulutusarvoksi otetaan valmistajan ilmoittamat lukemat [20]. Sparaluvun korkeampien tarkkuuksien lukemat vaativat hyvin tarkan tiedon laitteiden kulutuksesta, mutta alemman tarkkuuden lukema saadaan jo energiatodistuksen kaltaisesti valmistajan tietoja hyödyntämällä.

3.2 Sisälämpötila

Energiatodistuksessa sisälämpötila määräytyy Energiatehokkuusasetuksen (1010/2017), 10 § taulukon käyttötarkoitukseluokan mukaisesti [20]. Mikäli sisälämpötilaa tarvitaan muuhun käyttötarkoitukseen, tulee se mitata oikein. Yleinen virhe lämpötilaa mitattaessa on mittarin väärä sijoitus lähelle ikkunaa tai ovea, mikä vääristää lukemaa. Oikeaoppisesti lämpötila tulisi mitata mahdollisimman keskeltä taloa noin puolentoista metrin korkeudesta. Sisälämpötilan mittaamiseen on olemassa monia kotiautomaattioratkaisuja, joilla lämpötilan kehitystä voidaan seurata automaattisesti.

4 Laitteet ja teknologiat

Aikaisemmassa luvussa käsitellyn tiedon kerääminen voi tapahtua monella eri tapaa. Energiatodistuksen laatija joutuu noudattamaan laissa määrättyjä standardeja tiedon keräämiseen. Sparalukua laskeakseen kuluttaja voi hyödyntää itse valitsemiaan keinoja tietoa kerätessään. Spara Energian Energia App tukee monia eri kotiautomaatio- ja rajapintaratkaisuja, joita hyödyntämällä kuluttaja pääsee tarkastelemaan kotinsa olosuhteista keskitetysti. Spara Energian käyttämät laitteet ja rajapinnat ovat valikoituneet niiden laajan saatavuuden ja hyödyllisyyden perusteella.

4.1 Älysähkömittarista luettava data

Osana Euroopan unionin vihreän siirtymän tavoitteita Suomessa valtioneuvoston asetuksen 1.5.2023 mukaan sähkömittareiden tulee pystyä rekisteröimään asiakkaan sähkön käyttö 15 minuutin tarkkuudella. Mittaustiedot on myös toimitettava aikaisempaa tiheämmin eli maksimissaan kuuden tunnin viiveellä [21]. Sähköverkkoyhtiöt ovat siirtymässä asteittain näihin uusiin mittareihin. Mittarit

jotka eivät tue ollenkaan varttimittausta, korvataan vuoden 2028 mennessä uusiin. Uudelleen ohjelmoidut tuntimittarit tullaan korvaamaan vuoden 2031 puoliväliin mennessä [22]. Näissä uusissa sähkömittareissa on myös vaatimus yksisuuntaisen tiedonsiirron mahdollistavaan, jänniteulostulolla varustettuun asiakasrajapintaan, joka perustuu avoimeen ja päivitettävään eurooppalaiseen standardiin [23]. Tästä käytetään nimitystä kotiautomaatioliitäntä ja vakiintuneita lyhenteitä HAN-, H1- ja P1-portti. Kotiautomaatioliitäntä mahdollistaa nimensä mukaisesti sähkömittariin kytkettävät kotiautomaatoratkaisut, kuten reaaliaikaiset sähkömittarit. Näillä ratkaisuilla pystytään kartoittamaan talon sähkönkulutusta huomattavasti tarkemmin, sillä toistaiseksi tiedot sähkömittarista lähetetään tunnin välein, kun taas P1-portilla varustettu mittari saa täysin reaaliaikaista tietoa rakennuksen kulutuksesta. Joissain kotiautomaatiopalveluissa, kuten Homewizard, on lisämaksusta saatavilla ominaisuus, jossa tekoäly analysoi talon energiankulutusta ja pystyy tunnistamaan eri laitteiden kulutuspiikit [24].

Suomessa P1-mittareita on alettu vaihtaa sähköverkkoyhtiöiden toimesta, mutta kaikki yhtiöt eivät vielä ole aloittaneet siirtymää. Esimerkiksi Helen on alkanut vaihtaa mittareita sitä mukaa, kun niitä on hajonnut tai niiden uusinta on muuten ajankohtainen. Toiset sähköverkkoyhtiöt taas ovat ottaneet aktiiviseksi tavoitteeksi vaihtaa kaikki mittarit, vaikka niiden uusimiselle ei vielä olisi tarvetta. Esimerkiksi osassa kaupungeista alueen sähköverkkoyhtiö on vaihtanut jo yli 90 % sähkömittareista uusiin etäluettaviin malleihin. Vantaan energia, joka on yksi suurimmista sähköyhtiöistä pääkaupunkiseudulla, on uusinnut vuodesta 2023 alkaen 50 000 sähkömittaria [25].

4.2 Reaaliaikaiskulutus LED-valosta

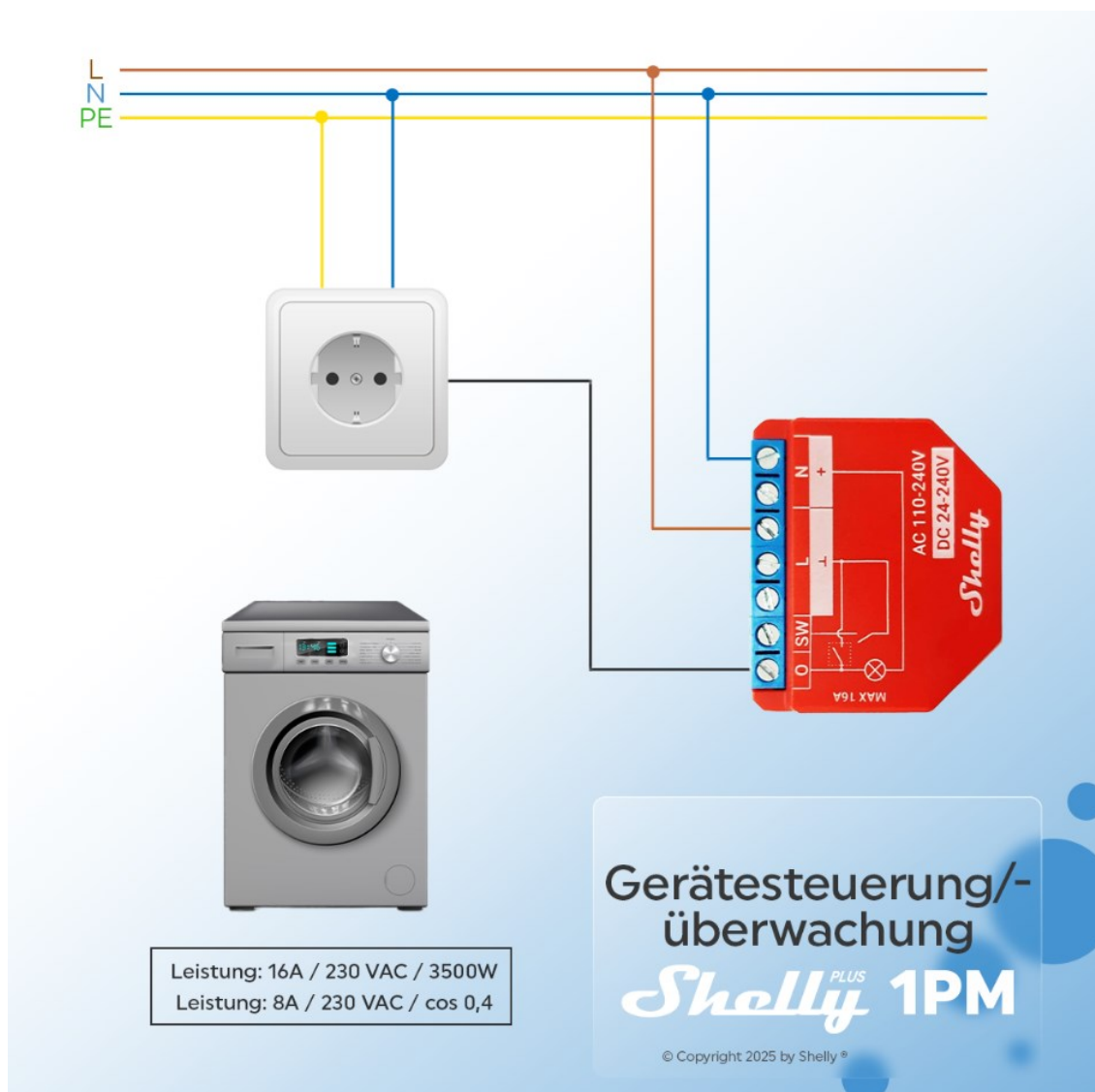
Suomessa on runsaasti paljon kotitalouksia, joihin ei ole vielä vaihdettu älysähkömittareita. Tästä huolimatta sähkönkulutusta pystytään lukemaan mittareiden LED-valon perusteella. Useimmissa vanhemman mallisissa sähkömittareissa on vilkkuva LED-valo, joka ilmaisee kulutusta. Mittariin on merkitty impulssivakio (esimerkiksi 1 000 imp/kWh), joka kertoo montako LED-välähdystä vastaa yhtä kilowattituntia energiaa. Esimerkiksi arvolla 1 000 imp/kWh mittarin valo

välähtää 1 000 kertaa per kulutettu kWh eli toisin sanoen jokainen välähdys edustaa 0,001 kWh:n energiankulutusta. Mitä suurempi kuormitus on, sitä tiheämmin LED-valo vilkkuu. Hetkellinen teho voidaan arvioida mittaamalla kahden peräkkäisen impulssin välinen aika, kun pulssien väli on tiedossa. Reaaliaikainen tehotieto on keskiarvo viimeisimpien pulssien väliseltä ajalta. Mittaus päivittyy nopeammin suurilla tehoilla tai mittarilla, jossa on suurempi impulssitiheys. Impulssimittari on hyvä vaihtoehto, jos oman alueen sähköverkkoyhtiö ei ole vielä uusinnut mittareita, mutta käyttäjä haluaa seurata oman kotitalouden sähkönkulutusta reaaliajassa. [26.]

4.3 Sähkötauluun kytkettävät energiamittarit

Jos halutaan seurata rakennuksen energiankulutusta eikä sen lukeminen ole mahdollista suoraan sähkömittarista tai halutaan ohjata yksittäistä sähkölaitetta (kuten lämminvesivaraajaa), tulee sulakkeen ja laitteen väliin asentaa kotiautomaatiovalmistajan energiamittari tai rele. Yleensä tämän tyyppiset laitteet asennetaan sähkökaapin sisään DIN-kiskolle sähköasentajan toimesta, sillä asentaminen vaatii sähkötyöluvat. Mikäli rakennuksessa on edelleen tulppasulaketaulu, jossa ei ole DIN-kiskoa, on osa laitteista mahdollista asentaa myös pistorasian jälkeen. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi Shellyn tarjoamat relekytkimet.

Kuvassa 7 on esimerkki mahdollisesta kytkennästä, jos halutaan mitata pesukoneen sähkönkulutusta hyödyntäen Shellyn 1PM-relettä.



Kuva 7 Shellyn 1PM-releen esimerkkikytkentäkaavio [27].

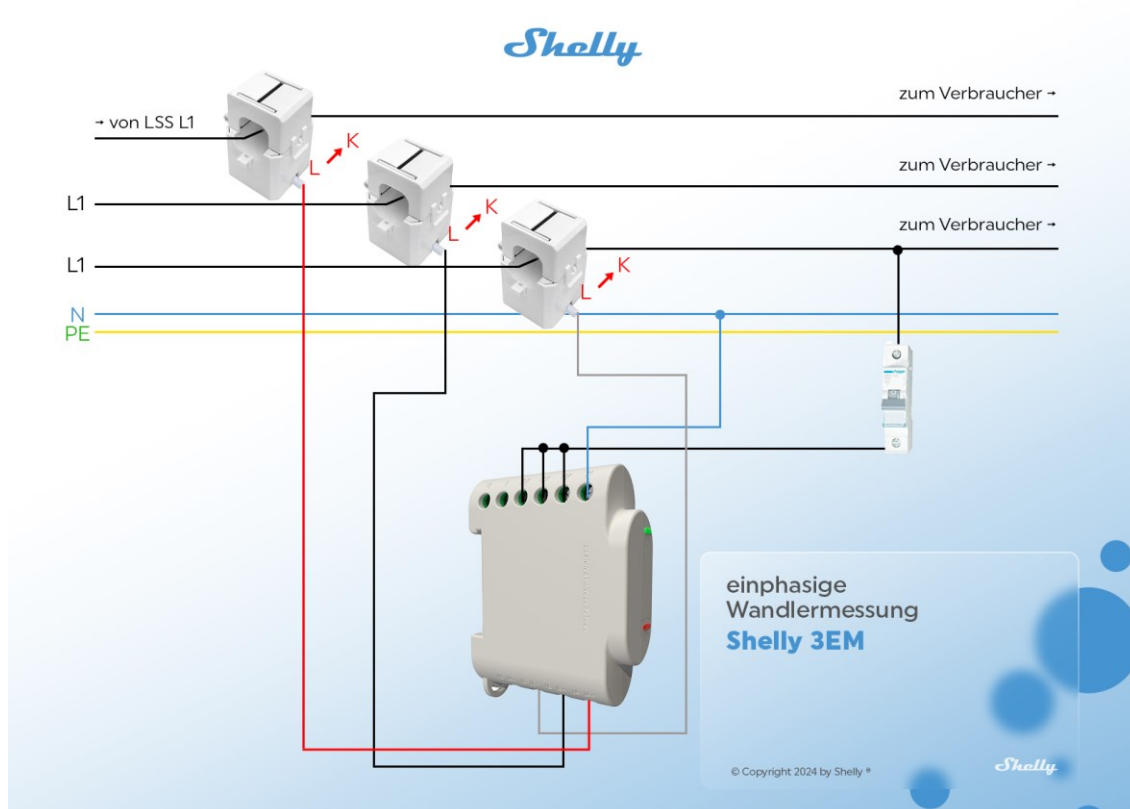
4.4 Kolmivaihemittarit

Kolmivaihemittarin toiminta perustuu siihen, että mittari mittaa sähkönkulutusta erikseen kaikista kolmesta vaiheesta ja laskee näiden yhteenlasketun kulutuksen perusteella kokonaisenergiankäytön. Jokaisessa vaiheessa mittari mittaa jatkuvasti sekä jännitteen että virran, joiden perusteella se laskee hetkellisen tehon ja kertyneen energiankulutuksen kilowattitunteina. Useat nykyaikaiset

kolmivaihemittarilliset kotiautomaatiolaitteet mittaavat aktiivisen tehon lisäksi myös loistehon.

Kolmivaihemittareiden asennus tapahtuu pitkälti samoin, kuten muiden energiamittareiden, mutta sillä erotuksella, että ne tulee asentaa nousun kolmenvaiheen kohdalle. Yleensä myös kolmivaihemittareiden asennus vaatii sähkötyöluvallisen tekemän asennuksen varsinkin, jos mittari kytketään fyysisesti vaiheiden väliin. Näistä mittareista on saatavilla versioita, joiden asennus ei vaadi sähkötyöluvia.

Kuvassa 8 on esitetty Shellyn 3EM-laite, jonka mittaus perustuu pihtimittareihin, eli kaikkien kolmen vaiheen ympärille kytketään pihtimittari, jonka asennus ei vaadi johdon katkaisemista tai uudelleen kytkemistä. Kuvan esimerkissä laite on kytketty sähkötauluun sulakkeen taakse, mutta kaikissa tapauksissa tämä ei ole välttämätöntä.



Kuva 8 Shellyn 3EM-mittarin esimerkkikytkentäkaavio [28].

4.5 Shelly ja muut kotiautomaatiot

Shelly on kotiautomaatioratkaisuihin erikoistunut yritys. Shelly on tunnettu edellisessä luvussa esitetyistä sähkönkulutusmittareista, jotka tarjoavat tehokkaan ja joustavan tavan seurata ja hallita sähkönkulutusta. Shellyn laitteet tukevat useaa avoimen rajapinnan standardia kuten REST API ja MQTT. Lisäksi laitteita on mahdollista käyttää ilman internetiä LAN-tilassa. Energia App -sovelluksen kohdalla Spara Energialla on tutkittu etenkin Shellyn energia- ja lämpötila/kosteusmittareiden hyödyntämistä reaaliaikaisen ja laitekohtaisen datan keräämiseen, sillä Fingiridin Datahub ei kykene toimittamaan täysin reaaliaikaista dataa. Shellyn laitteet ovat erityisen houkutteleva vaihtoehto juuri niiden avoimen REST-rajapinnan takia. Tätä rajapintaa hyödyntämällä Shellyn laitteet pystytään integroimaan Energia App -sovellukseen ilman kolmannen osapuolen kotiautomaatiojärjestelmää. Tällä hetkellä Energia App tukee lähes jokaista Shellyn energiamittaria. Lisäksi tuettuja laitteita ovat Plug-sarja ja lämpötila/kosteusmittarit. Muita tuettuja kotiautomaatioita tarjoajia ovat tällä hetkellä Sensibo, Ebeco ja Themo. Näiden valmistajien laitteet keskittyvät lähinnä kodin olemassa olevien laitteiden, kuten termostaattien ja ilmanlämpöpumppujen ohjaamiseen. Näiden ohjaavien kotiautomaatioiden avulla on mahdollista tehdä pörssisähköajastuksia, joissa pörssisähkön edullisilla tunneilla ”varataan” rakennukseen lämpöä, jolloin sähköä ei tarvitse kuluttaa lämmitykseen hintapiikkien aikana.

4.6 Pistorasiamittarit

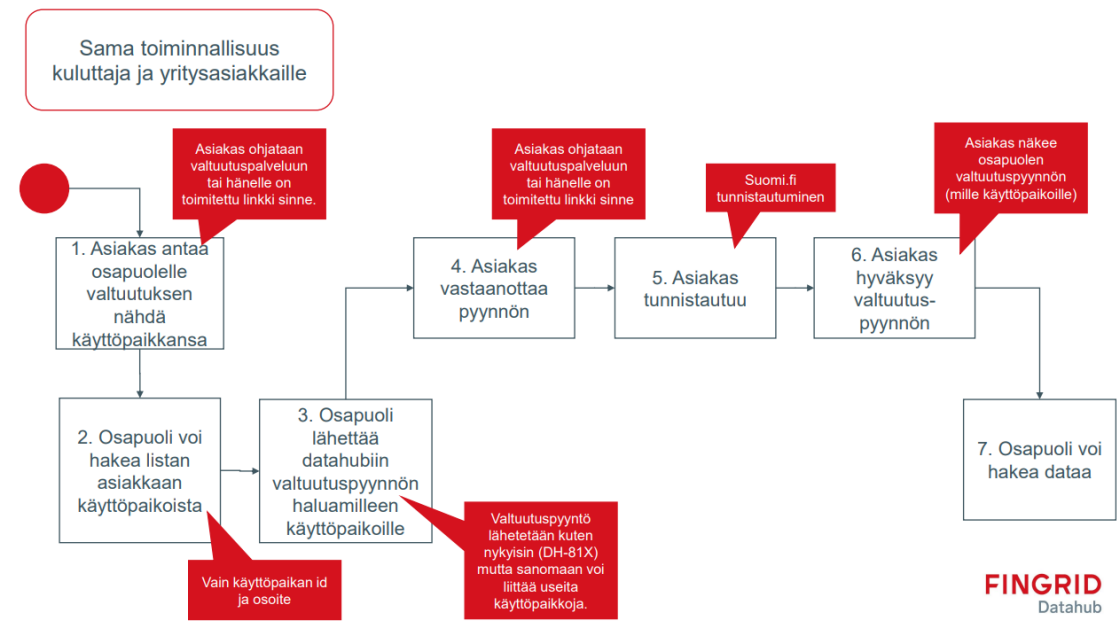
Pistorasiamittarilla mitataan yksittäisen laitteen tai laiteryhmän kulutusta pistorasian ja laitteen väliin kytkettävällä mittarilla. Tämän tyyppisillä mittareilla saadaan hyvin yksityiskohtainen kuva talouden eri sähkölaitteiden kulutuksesta, mikäli käyttäjä on valmis pistorasia kerrallaan kartoittamaan talonsa sähkönkulutuksen. Tähän tavoitteeseen käyttäjää voidaan ohjata esimerkiksi pelillistämällä

sähkön kulutuksen kartoitusta sovelluksen sisällä. Lisäksi useat valmistajat tarjoavat releellä varustettuja mittareita, jolloin ne voidaan kytkeä etänä päälle/pois tai asettaa aika-ajastukselle. Osa valmistajista tarjoaa jopa pörssisähköajastuksia, jolloin laite kytkeytyy pois päältä pörssisähkön hinnan saavuttaessa tietyn pisteen. Kyseiset laitteet ovat hyvinkin kustannustehokas ja helppo ratkaisu kartoittamaan kodin sähkönkulutusta ilman tarvetta sähkötoihin. Tällaisten laitteiden hinta vaihtelee tavallisesti muutaman kymmenen euron välillä riippuen laitteen ominaisuuksista.

4.7 Fingrid Datahub

Datahub on Suomen sähkön kantaverkkoyhtiön Fingridin tuottama ja ylläpitämä sähkömarkkinoiden yhteinen keskitetty tiedonvaihtojärjestelmä, johon tallennetaan kaikkien Suomen sähkökäyttöpaikkojen tiedot. Datahub otettiin käyttöön vuoden 2022 helmikuussa ja sitä käyttävät kaikki Suomessa toimivat sähkömyyjät ja jakeluverkkoyhtiöt [29]. Datahub tarjoaa myös kuluttajalle mahdollisuuden tarkastella oman käyttöpaikkansa tietoja ja kulutushistoriaa omadatahub-palvelun kautta. Palvelussa kuluttaja pystyy myös antamaan valtuutuksen tietoihinsa kolmannen osapuolen yritykselle, esimerkiksi Spara Energialle. Kulutusdatan historiatieto on erittäin oleellista Energia App -sovelluksen toiminnalle, joten kun käyttäjä luo sovelluksessa käyttöpaikan, pyydetään häntä tekemään valtuutus Fingridin Datahubin energiamittaustietoihin. Tämän valtuutuksen jälkeen Spara Energia voi pyytää Datahub-rajapinnan kautta käyttäjän valtuuttaman käyttöpaikan tietoja valtuutuksen voimassaolon ajan. Kuvassa 6 on esitetty

Datahubin valtuutusprosessi.



Kuva 9 Datahubin valtuutusprosessi [30].

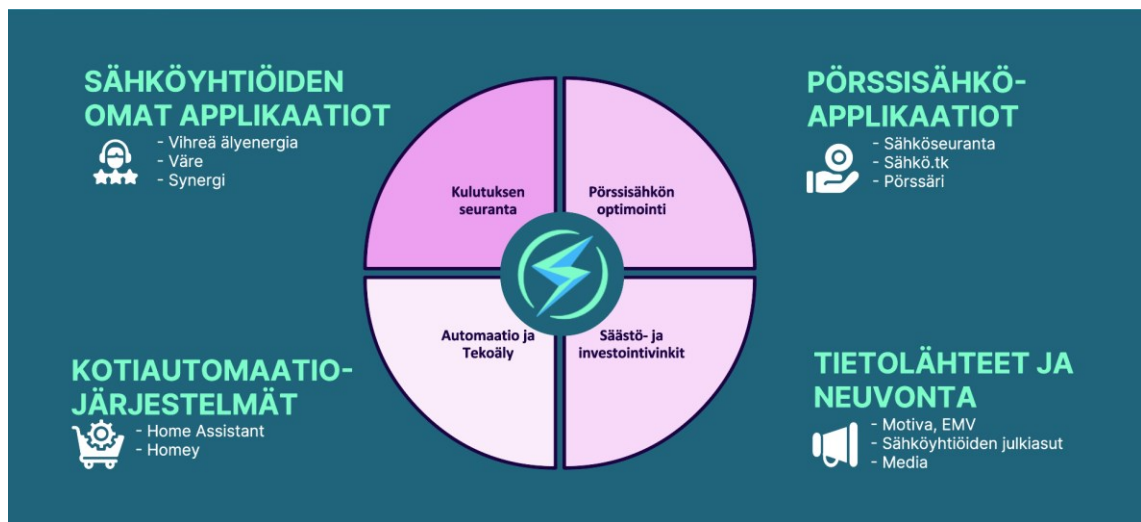
Datahubin rajapintaa hyödynnetään asiakkaan valtuutuksen jälkeen kotitalouden energiakulutuksen historiatiedon keräämiseen. Valtuutuksen jälkeen rajapinnasta on mahdollista hakea tieto enintään kuuden vuoden ajalta kyseisestä käyttöpaikasta tai niin pitkältä ajalta, kun valtuutuksen antajan kyseinen sähkö-sopimus on ollut voimassa. Aikaisempien sopimusten aikaisia tietoja ei voida hakea.

5 Toteutus

Tässä luvussa esitellään Spara Energian ratkaisusta ainoastaan Energia App ja sen sisällä toimiva tekoälyavustaja AI-Noa. Strategisista syistä partnerisovellusta ei käsitellä tässä yhteydessä, vaan huomio keskitetään Energia App -sovelluksen tarjoamiin ominaisuuksiin sekä AI-Noan toiminnan tarkasteluun.

5.1 Energia App

Energia App on Spara Energian kehittämä web-pohjainen sovellus, joka tuo yhteen kaiken energiatehokkuuden kannalta oleellisen informaation. Sovelluksen suurin etu on se, että sovellus tuo yhteen monen eri palvelun tarjoamat hyödyt suoraan yhden sovelluksen alle. Käyttäjän ei siis tarvitse enää hyppiä sivujen ja sovelluksien välillä. Spara Energia tuo neljä keskeistä teemaa yhteen: kulutuksen seuranta, automaatiot, pörssisähkööptimointi ja kuluttajan neuvonta, kuten kuvassa 10 on esitetty. Lisäksi Energia App tuo markkinoille aivan uuden tavan mitata talon energiatehokkuutta eli Sparaluvun.



Kuva 10 Spara energia kilpailijoihin nähden.

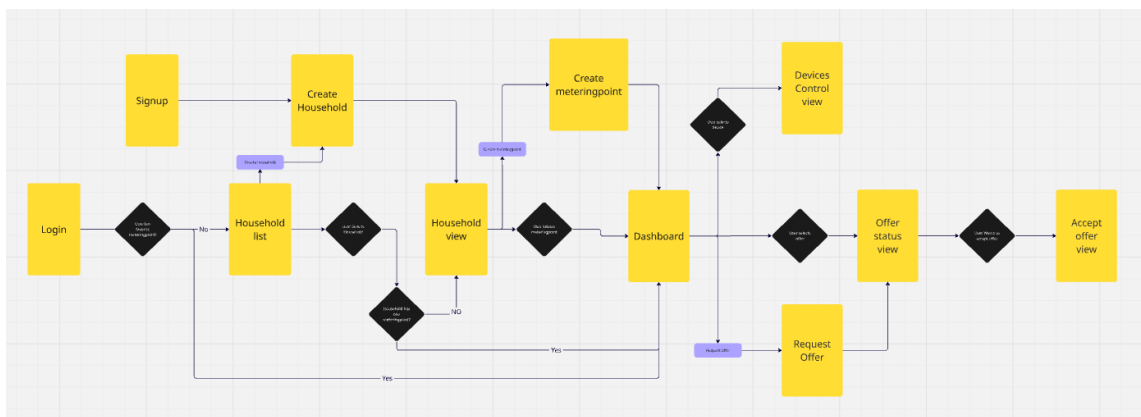
Energia App on Google Firebasen päälle Typescriptillä rakennettu web-sovellus. Sovellus on toteutettu mobiililähtöisellä periaatteella, eli sovellus toteutetaan ensin mobiililaitteille ja laajennetaan sitten suuremmille näytöille, kuten tableteille ja tietokoneille. Energia App on päädytty suunnittelemaan näin, koska Spara Energian teettämän asiakastutkimuksen mukaan suurin osa käyttäjistä käyttäisi sovellusta mobiililaitteella.

Sovelluksesta on suunnitteilla natiiviapplikaatiot iOS- ja Android-käyttöjärjestelmille. Nykyinen malli on niin sanottu MLP-malli eli vähimmäistasoinen ihastuttava tuote (engl. minimum lovable product). Ideologian esitteli ensimmäisen kerran Aha!-yhtiön toinen perustaja ja toimitusjohtaja Brian de Haaff vuonna 2013.

MLP toimii vastakohtana Minimum Viable Productille (MVP). MVP on tuotteen mahdollisimman yksinkertainen versio, jossa on vain riittävät ominaisuudet olla kseen käyttökelpoinen ja markkinoilla elinkelpoinen. Monet yritykset luovat MVP:n voidakseen lanseerata tuotteen nopeasti rajoitetuilla toiminnoilla ja lupaavat lisätä ominaisuuksia myöhemmin. Usein tätä lupausta ei kuitenkaan lunasteta. Yritykset saattavat lisätä ominaisuuksia, mutta eivät huomioi, mitä asiakkaat oikeasti tarvitsevat. Joskus merkittäviä päivityksiä ei tehdä, jolloin asiakkaat jäävät turhautuneiksi minimitasolle ja siirtyvät etsimään vaihtoehtoisia ratkaisuja.

Spara Energia on valinnut tämän MLP-mallin, koska ilman tätä ajattelua uskotaan, että POC-vaihe ei onnistu. Markkinoilla on paljon visuaalisesti säväyttäviä ja toimivia sovelluksia. Näin ollen tarvitaan sovellus, joka ei ole pelkästään rautalanka, vaan jossa on pienin mahdollinen määrä toiminnallisuuksia. [31.]

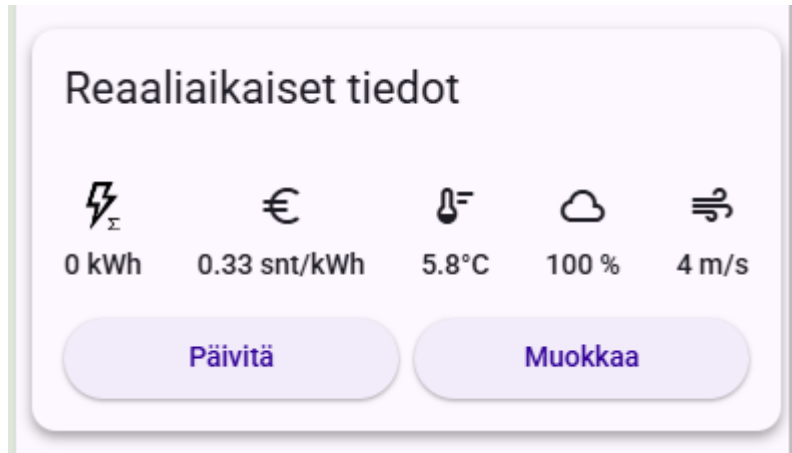
Kuvassa 11 on esitetty Energia App -sovelluksen käyttäjäpolku (engl. User flow). Käyttäjäpolku kuvaa kuinka käyttäjä liikkuu sovelluksen sisällä. Tästä kaaviosta huomataan, kuinka käyttöpaikan dashboard on kaikista keskeisin näkymä sovelluksessa.



Kuva 11 Energia App -sovelluksen käyttäjäpolku.

Käyttöpaikka on yhden sähkömittarin sijainti (esimerkiksi koti tai kesämökki). Kotitaloudessa voi siis olla monta erillistä käyttöpaikkaa. Dashboardilla käyttäjä

näkee yksittäisen käyttöpaikan tarkat tiedot kuten reaaliaikaisen kulutuksen ja Sparaluvun. Dashboard koostuu kuudesta keskeisestä toiminnallisuudesta, joista jokainen on toteutettu omaksi "kortiksi" käyttöliittymään. Kuvassa 12 on esimerkki reaaliaikaiset tiedot -kortista.



Kuva 12 Reaaliaikaiset tiedot -kortti.

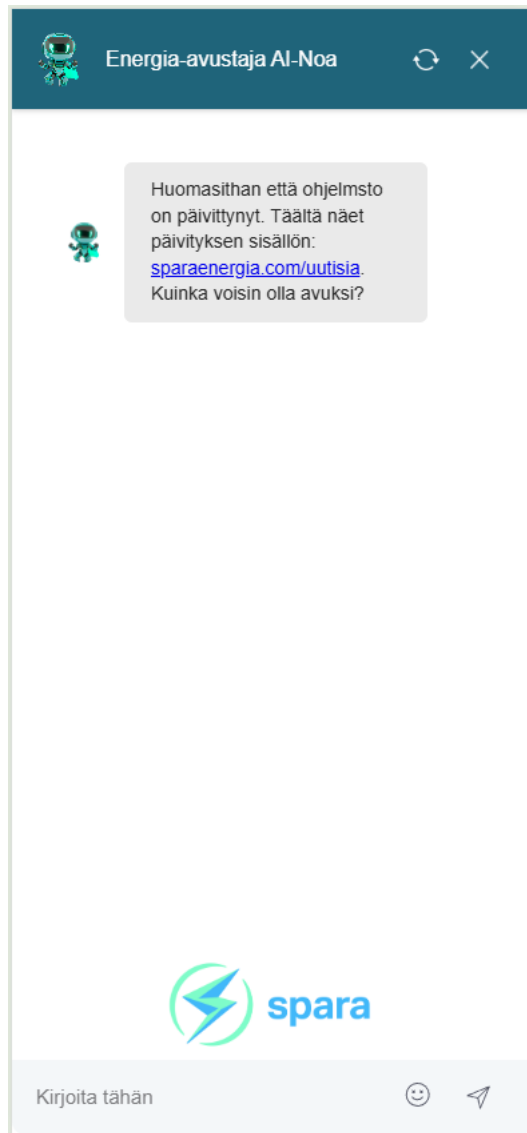
Nämä kuusi korttia ovat ylhäältä alas järjestyksessä

- reaaliaikaiset tiedot
- kulutusjakauma
- aikamatka
- vinkit
- laitteet
- tarjoukset.

5.2 Ai-Noa

Ai-Noa on Spara Energian Energia App -sovelluksen sisällä toimiva chatbot, joka on käyttäjän tukena ja tarjoaa asiantuntemustaan energiatehokkuuteen liittyen. Ai-Noa on koulutettu olemaan persoonaltaan 40-vuotias insinöörinainen, joka on erikoistunut energiatehokkuuteen ja rakennustekniikkaan. Pääasiallisena tietolähteenä Ai-Noa käyttää Spara Energian kehittämää

Energiantehostuskirjaa, joka on jatkuvasti kehittyvä tietopankki. Energiatehos-
tus kirjan avulla Ai-Noa pystyy vastaamaan jopa kaikista hankalimpiin kysymyk-
siin ja suorittamaan energiatehokkuuteen liittyviä laskutoimituksia kaavojen poh-
jalta. Mikäli tästä kirjasta ei kuitenkaan löydy vastausta käyttäjän kysymyksiin,
voi Ai-Noa etsiä tietoa internetistä luotettavista, koulutusmateriaalissa etukäteen
määritellyssä lähteistä. Lisäksi Ai-Noa on kykenevä neuvomaan käyttäjää Ener-
gia App-sovelluksen käytössä, sillä malli on koulutettu sovelluksen yksityiskoh-
taisilla käyttöohjeilla. Ai-Noa kertoo käyttäjälle sovelluksen uusista päivityksistä
ja osaa vastata niihin liittyviin kysymyksiin. Kuvassa 13 on Ai-Noan chat-ikkuna,
jossa se kertoo sovelluksen päivittyneen.



Kuva 13 Ai-Noan chat-ikkuna.

Vaikka Ai-Noa onkin toistaiseksi vain chat Bot eikä varsinaisesti generatiivista tekoälyä, pystyy käyttäjä kuitenkin toteuttamaan kotinsa energiakartoituksen Ai-Noan avustamana. Energiakartoituksen tuloksista syntyvät leadit siirtyvät integraatioiden kautta Energia App -sovelluksen sisään.

Ai-Noan mallia on rajoitettu siten, että se ei pysty keskustelemaan seuraavista aiheista:

- politiikka, uskonto, viihde ja henkilökohtaiset mielipiteet

- spekulatiiviset tai epävarmat väitteet ilman dataa
- terveys- ja turvallisuusneuvot.

Lisäksi on olemassa muita sisäisiä rajoituksia, joita ei tietoturvasyistä voida avata. Näiden rajoitusten tarkoituksena on estää bottia loukkaamasta käyttäjää tai aiheuttamasta vaaratilanteita käyttäjälle, näin Spara Energia varmistaa turvallisen käyttöympäristön kaikille asiakkailleen.



Kuva 14 Ai-Noa.

6 Tulokset

6.1 Sovellus

Energia App ja Partner App ovat molemmat nykyisellä kehitysvaiheella saavuttaneet POC-määrittelyyn vaadittavan tason, vaikkakin alkuperäisestä tavoitteesta myöhästyttiin. Nykyisellä tasollaan Energia App erottuu kilpailijoistaan tuomalla käyttäjilleen Sparaluvun ensimmäisen tarkkuusasteen. Lisäksi käyttäjä pystyy seuraamaan yksityiskohtaisesti oman talonsa kulutusta ja sen jakaumaa, sekä vaikuttamaan hintapiikkien sähkönkulutukseen hyödyntämällä kotiautomaatiojärjestelmiä. Sparan kumppanipuoli ollaan valmiina julkaisemaan käyttöön heti kun todellinen käyttäjähankinta aloitetaan. Kumppaniportaalia ei vielä pilottivaiheessa ole viisasta avata julkiseen levitykseen, vaan se pidetään lähipiirin yhteistyökumppaneiden testattavana toistaiseksi ja siihen tehdään muutoksia yhteistyökumppaneiden tarpeiden mukaan. Molemmat sovelluksista otetaan lähipiirin tuttava kotitalouksien ja kumppaneiden testikäyttöön, joiden alustavan palautteen perusteella voidaan vielä ennen todellista käyttäjäkuntaa tehdä hyvinkin ketteriä päivityksiä sovelluksiin.

6.2 Pilotti

Energia App -sovelluksen ensimmäinen pilottivaihe käynnistettiin yhteistyössä kaupungin omistaman energiayhtiön kanssa. Sieltä saatiin ryhmä ”ystävällisiä” käyttäjiä eli testikäyttäjiä, jotka ovat huomattavasti enemmän anteeksiantavia kuin todelliset käyttäjät ja ymmärtävät sovelluksen olevan pilottivaiheessa, jolloin pienet bugit eivät välttämättä vaikuta pilotin lopputulokseen. Pilotin ensimmäinen vaihe kesti viikon ja sen tavoitteena oli saada käyttäjät kirjautumaan sisään ja luomaan Datahub-valtuutus. Tämän vaiheen jälkeen tarkoitus oli saada Sparaluku näkyviin kaikille käyttäjille. Tässä tosin ilmeni ongelma, sillä käyttäjäryhmän piti olla suorasähkölämmitteisiä taloja, mutta todellisuudessa osa taloista oli lämmitetty öljyllä tai kaukolämmöllä, mikä aiheutti negatiivisia Sparaluvun arvoja käyttäjälle.

Pilotin toinen vaihe käynnistyy välittömästi ensimmäisen jälkeen ja tähän on tuotu sovelluspäivityksiä saadun palautteen perusteella. Pilotin toisessa vaiheessa sovellus tukee myös muita energiamuotoja kuin suora sähkölämmitys, sillä ensimmäisen vaiheen pohjalta paljastui kaupungissa olevan huomattavasti oletettua suurempi määrä kaukolämpöä hyödyntäviä rakennuksia, jolloin muiden energiamuotojen tukeminen tässä vaiheessa tuli hyvinkin oleelliseksi. Valittavasti näiden muiden energiamuotojen tarkkaa kulutusta ei ole mahdollista kerätä samalla tarkkuudella kuin sähkönkulutusta, jolloin kulutus perustuu täysin käyttäjän ilmoittamiin tietoihin.

7 Yhteenveto

Haasteet pientalojen energiatehokkuudessa ja erityisesti Euroopan unionin uusittu rakennusten energiatehokkuusdirektiivin asettama takaraja edellyttävät merkittäviä energiatehostustoimia monilta kiinteistöiltä Suomessa. Direktiivin epärealistinen aikataulu, joka vaatisi 25 talon energiatehostuksen per minuutti koko Euroopan laajuisesti, on tuonut tarpeen vaihtoehtoisille tai nykyisen energiatodistuksen laatimisen nopeuttamisen ratkaisuun.

Spara Energia on kehittänyt tähän tarpeeseen soveltuvan Energia App -sovelluksen ja sen sisällä tuonut markkinoille uuden E-luvun vaihtoehdon, joka on halvempi ja reaaliaikainen vaihtoehto nykyiselle staattiselle E-luvulle. Sparaluku on mahdollistanut kotitalouksien tarkemman kartoittamisen ilman tarvetta insinööri toimiston käynnille kodissa. Energia App on yhdistänyt kulutuksen seurannan, kotiautomaation, pörssisähköoptimoinnin ja kuluttajaneuvonnan, jotta käyttäjä pystyy hallitsemaan kulutuspiikkejä ja säästämään omassa sähkönkulutuksessaan. Tämä ratkaisu on saavuttanut POC-vaiheen ja siitä on aloitettu pilottivaihe, jossa kerätään oikeaa käyttäjäpalautetta ja arvioidaan ratkaisun toimivuutta todellisessa käyttöympäristössä.

Vaikka koko pilottivaiheen tuloksia ei ole tämän insinööriyön kirjoitushetkellä saatavilla, ovat alustavat tulokset lupaavia, sillä Energia App on herättänyt kiinnostusta monen yrityksen taholla ja jopa kunnallisella. Vaikka Sparaluku onkin vielä toistaiseksi todistamaton mittari E-lukuun verrattuna, on sen potentiaali huomattava ja Spara Energia jatkaa työtä sen validoimiseksi E-luvun kaltaiseksi laajasti hyväksytyksi mittariksi energiatehokkuuden arvioinnissa.

Lähteet

- 1 Asuminen ja rakentaminen. Verkkoaineisto. https://stat.fi/tup/suoluk/suoluk_asuminen.html. Luettu 21.02.2025.
- 2 Energia Suomessa. Verkkoaineisto. https://stat.fi/tup/suoluk/suoluk_energia.html. Luettu 13.02.2025.
- 3 Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa. Verkkoaineisto. https://www.motiva.fi/files/15180/Rakenteellinen_energiatehokkuus_korjausrakentamisessa.pdf. Luettu 16.03.2025.
- 4 Pitkänaikavälin korjausrakentamisen strategia. Verkkoaineisto https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Suomen-EPBD-2a-ilmoitus_final_10-03-2020-242AE19E_F497_4A38_8DF2_95556530BA53-156573.pdf/37a549e9-b330-5f8c-d863-2e51f2e8239a/Suomen-EPBD-2a-ilmoitus_final_10-03-2020-242AE19E_F497_4A38_8DF2_95556530BA53-156573.pdf#:~:text=1%20,E%20D%20C%20B%20A. Luettu 22.03.2025.
- 5 Rakennusten energiatehokkuus kohenee. Verkkoaineisto. <https://www.varke.fi/fi/ajankohtaista/uusia-energiatodistuksia-ennatysmaara-vuonna-2023-rakennusten-energiatehokkuus-kohe-nee#:~:text=Vuonna%202023%20uusien%20asuinkerrostalojen%20yleisin,luokassa>. Luettu 15.01.2025.
- 6 Energiatodistukset Vuosiraportti 2023. Verkkoaineisto. <https://www.varke.fi/fi/document/energiatodistukset-2023-vuosiraportti#:~:text=...%20oli%20D.%20%2843%20,24>. Luettu 15.01.2025.
- 7 Rakennusten energia-tehokkuus-direktiivin uudistus. Verkkoaineisto. <https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuusdirektiivin-uudistus>. Luettu 21.02.2025.
- 8 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta. Direktiivi. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-102-2023-INIT/fi/pdf>. Luettu 21.02.2025.
- 9 Motiva Pientalon energiaremontit. Verkkoaineisto https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_pientalo/pientalon_energiaremontit. Luettu 08.03.2025.
- 10 Mikä on energiatodistus? Verkkoaineisto. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus. Luettu 01.03.2025.

- 11 Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. Lakiteksti. https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadokkoelma/2017/788#sec_1_subsec_1. Luettu 07.03.2025.
- 12 Mitä E-luku kertoo rakennuksen energiatehokkuudesta? Verkkoaineisto. <https://rakentaja.fi/artikkelit/mit%C3%A4-e-luku-kertoo-rakennuksen-energiatehokkuudesta/>. Luettu 09.04.2025.
- 13 E-luku ja energiamuotokertoimet. Verkkoaineisto. <https://eksergia.fi/e-luku/>. Luettu 09.04.2025.
- 14 Motiva, Energiatodistusopas. Verkkoaineisto. https://www.motiva.fi/files/16464/Energiatodistusopas_2018_-_Rakennuksen_energiatodistus_ja_E-luvun_maarittaminen.pdf Luettu 27.02.2025.
- 15 Kuka energiatodistuksen laatii? Verkkoaineisto. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus/kuka_energiatodistuksen_laatii. Luettu 17.01.2025.
- 16 Motiva, Mitä energiatodistus maksaa? Verkkoaineisto https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus/mita_energiatodistus_maksaa. Luettu 27.02.2025.
- 17 Motiva. Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa. Verkkoaineisto. https://www.motiva.fi/files/15180/Rakenteellinen_energiatehokkuus_korjausrakentamisessa.pdf. Luettu 14.03.2025
- 18 Motiva, Sähköautot. Verkkoaineisto https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot. Luettu 17.04.2025.
- 19 How Much Electricity Does a PC Consume? Alex Nguyen May 8, 2024. Verkkoaineisto. <https://computercity.com/hardware/psus/how-much-electricity-does-a-pc-consume>. Luettu 21.04.2025.
- 20 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Lakiteksti. https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadokkoelma/2017/1010#OT1_OT5. Luettu 10.04.2025.
- 21 Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta. Lakiteksti. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2021/20210767>. Luettu 05.03.2025.
- 22 Energiavirasto Sähkön mittaus. Verkkoaineisto. <https://energiavirasto.fi/sahkon-mittaus>. Luettu 05.03.2025.

- 23 Miksi sähkömittarit vaihdetaan? Verkkoaineisto. <https://www.turkuenergia.fi/ukk/miksi-sahkomittarit-vaihdetaan>. Luettu 22.03.2025.
- 24 What is the Stand-By graph? Verkkoaineisto. <https://helpdesk.homewizard.com/en/articles/5936384-what-is-the-stand-by-graph>. Luettu 22.04.2025.
- 25 Sähkön mittaus. Verkkoaineisto. <https://www.vantaanenergiasahkoverkot.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkon-mittaus/>. Luettu 21.04.2025.
- 26 Aidon RJ12 HAN-rajapinta kuvaus. Verkkoaineisto. https://aidon.com/wp-content/uploads/2023/06/AIDONFD_RJ12_HAN_Interface_FI.pdf. Luettu 20.02.2025.
- 27 Shelly, wiring diagrams Shelly Plus 1PM. Verkkoaineisto. <https://shelly-forum.com/article/113-shelly-plus-1pm/>. Luettu 19.04.2025.
- 28 Shelly, wiring diagrams Shelly 3EM. Verkkoaineisto <https://shelly-forum.com/article/127-shelly-3em/>. Luettu 19.04.2025.
- 29 Datahub. Verkkoaineisto. <https://palvelut.datahub.fi/fi>. Luettu 19.03.2025.
- 30 Datahub loppuasiakasportaali käyttöohje. Verkkoaineisto. <https://palvelut.datahub.fi/api/documents/file/0-292739-1-386250>. Luettu 20.01.2025.
- 31 What is a Minimum Lovable Product? Verkkoaineisto. <https://www.aha.io/roadmapping/guide/plans/what-is-a-minimum-lovable-product>. Luettu 28.03.2025.
- 32 E-luku. Verkkoaineisto. <https://tilasto.info/e-luku/>. Luettu 09.04.2025.
- 33 Suomen virallinen tilasto (SVT): Asumisen energiankulutus [verkkojulkaisu]. ISSN=2323-3273. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 21.4.2025]. Saantitapa: <https://stat.fi/til/asen/meta.html><https://stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2018/uusiutuva-energia-valtaa-alaa-pientalojen-lammityksessa>