

Opinnäytetyö AMK

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)

LVI-tekniikka

2025

Ari Nykänen

LVI-TEKNIIKAN UUSIOKÄYTTÖ KORJAUSRAKENTAMISESSA



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

LVI-tekniikka, insinööri (AMK)

2025 | 41 sivua

Ohjaaja: Harri Kähkönen

Ari Nykänen

LVI-tekniikan uusiokäyttö korjausrakentamisessa

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää LVI-tekniikan uusiokäytön mahdollisuuksia korjausrakentamisessa taloudellisuuden ja ympäristövaikutusten näkökulmasta. Aihe valittiin, koska rakennussektorilla on merkittävä rooli kestävän kehityksen edistämässä ja kiertotalouden periaatteiden soveltamisessa. Työssä tarkasteltiin uusiokäytön haasteita ja vaatimuksia.

Tutkimuksessa hyödynnettiin teoreettista tarkastelua ja analyyttisiä menetelmiä, kuten elinkaarikustannuslaskentaa, nettonykyarvon laskentaa ja hiilijalanjäljen arviointia. Esimerkkikohteena tarkasteltiin ilmanvaihtokoneen modernisointia verrattuna uuden laitteen hankintaan. Analyysissa huomioitiin investointikustannukset, käyttökustannukset ja energiansäästöt.

Tulosten perusteella esimerkkilaitteiston modernisointi osoittautui taloudellisesti edullisemmäksi ja ympäristön kannalta kestävämmäksi vaihtoehdoksi. Vaikka yksin energiansäästö ei riittänyt tekemään investoinnista taloudellisesti kannattavaa positiivisella nettonykyarvolla, modernisointi pienensi merkittävästi elinkaarikustannuksia ja hiilidioksidipäästöjä. Tutkimus korosti huolellisen kuntotutkimuksen ja taloudellisen analyysin tärkeyttä uusiokäyttöratkaisuja harkittaessa.

Asiasanat: LVI-tekniikka, korjausrakentaminen, elinkaarikustannus, energiatehokkuus, kiertotalous

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

HVAC Engineering

2025 | 41 pages

Ari Nykänen

Circular economy of HVAC technology in renovation construction

The aim of the thesis was to examine the possibilities of reuse HVAC-technology in renovation from the perspective of economics and environmental impacts. The topic was chosen because the construction sector is in the process of promoting continuous sustainable development and reducing the economy. The work focused on the challenges and guidelines for reusing.

The study utilized theoretical analysis and analytical methods, such as life cycle costing, net present value calculation and carbon footprint assessment. The modernization of the target air handling unit without a new one was examined for procurement. The analysis took into account investment costs, costs and energy savings.

Based on the results, the modernization of the air handling unit improved economically and became an environmentally sustainable alternative. Although energy savings alone did not require investment to be profitable with a positive net present value, the modernization reduced all life cycle costs and carbon dioxide emissions. The study emphasized the need for careful condition research and economic analysis to consider reusing solutions.

Keywords:

HVAC-technology, renovation, life cycle cost, energy efficiency, circular economy

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	5
1 Johdanto	6
2 LVI-tekniikan uusiokäytön käsitteet ja periaatteet	7
2.1 Uusiokäytön määritelmä ja tavoitteet	7
2.2 Ympäristövaikutukset ja kestävä kehitys	7
2.3 Sääntely ja standardit	9
3 Korjausrakentamisen erityispiirteet	10
3.1 Rakennusten elinkaari ja korjaustarpeet	10
3.2 LVI-järjestelmien osuus korjausrakentamisessa	12
3.3 Korjausrakentamisen haasteet ja mahdollisuudet	13
4 LVI-tekniikan uusiokäytön ratkaisut korjausrakentamisessa	15
4.1 Materiaalien ja komponenttien kierrätys	16
4.2 Energiatehokkuuden parantaminen	17
4.3 Innovatiiviset teknologiat ja käytännöt	18
4.4 Juridiset näkökulmat ja vastuut	19
4.4.1 Rakennuttajan ja tilaajan näkökulma	19
4.4.2 Suunnittelijan vastuut	19
4.4.3 Urakoitsijan näkökulma	20
4.4.4 Takuut ja viranomaisasiat	20
4.5 Haasteet LVI-tekniikan uusiokäytössä	20
4.5.1 Vesi- ja viemärijärjestelmät	21
4.5.2 Ilmanvaihtojärjestelmät	22
4.5.3 Lämmitysjärjestelmät	24
4.5.4 Rakennusautomaatiojärjestelmät	25
5 Teoreettinen ja analyyttinen tarkastelu	27
5.1 Kustannustehokkuuden arviointi	28
5.2 Ympäristövaikutusten laskenta ja analyysi	28

	4
5.3 Esimerkkilaskelmia ja mallinnuksia	29
5.3.1 Elinkaarikustannus	30
5.3.2 Hiilijalanjäljen laskenta	31
5.3.3 NPV-laskelma	32
6 Johtopäätökset ja suositukset	35
6.1 Yhteenvedo tutkimuksen löydöistä	35
6.2 Suositukset käytännön toteutukselle	35
6.3 Jatkotutkimusaiheet	36
Lähteet	39
Kuviot	
Kuvio 1. LVI-järjestelmien tyypilliset käyttöiät	13
Kuvio 2. LVI-järjestelmien osuus rakennuksen energiankulutuksesta.	20
Taulukot	
Taulukko 1. Yleisimmät korjaustoimenpiteet	16
Taulukko 2. Kierrätys- ja uusiokäyttömahdollisuudet.	19

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

CO ₂	hiilidioksidi
EC	elektronisesti kommutoitu, electronically commutated
EU	euroopan unioni
IV	ilmanvaihto
LCA	elinkaariarviointi, life cycle assessment
LCC	elinkaarikustannuslaskenta, life cycle costing
LVI	lämpö, vesi ja ilmanvaihto
NPV	nettonykyarvo, net present value
RYL	rakentamisen yleiset laatuvaatimukset

1 Johdanto

Lämmitys-, viemärointi- ja ilmastointitekniikan uusiokäyttö korjausrakentamisessa on ajankohtainen aihe, joka liittyy tiiviisti kestäväns kehityksen, energiatehokkuuden ja kiertotalouden edistämiseen. Rakennussektori kuluttaa suuren osan maailman energiasta ja tuottaa merkittäviä hiilidioksidipäästöjä, minkä vuoksi olemassa olevien rakennusten ja teknisten järjestelmien tehokkaampi hyödyntäminen on noussut keskeiseksi tavoitteeksi. LVI-tekniikan uusiokäyttö korjausrakentamisen yhteydessä tarjoaa mahdollisuuden säästää materiaaleja, pidentää järjestelmien käyttöikää ja vähentää ympäristövaikutuksia.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on analysoida LVI-tekniikan uusiokäytön mahdollisuuksia ja haasteita teoreettisesti ja analyttisesti. Työ perustuu kirjallisuuskatsaukseen, teoreettiseen tarkasteluun ja laskennallisiin analyyseihin, kuten elinkaarikustannusten (LCC), nettonykyarvon (NPV) ja hiilijalanjalan (CO₂) arviointiin. Esimerkkikohteena tarkastellaan olemassa olevan ilmanvaihtokoneen modernisointia verrattuna uuden laitteen hankintaan. Työ ei sisällä laajamittaisia käytännön esimerkkejä tai toteutettuja pilottikohteita, vaan tavoitteena on tuottaa periaatteellinen ja laskennallinen arvio uusiokäytön potentiaalista

Tutkimuksessa pohditaan, millaisia taloudellisia ja ympäristöllisiä vaikutuksia LVI-tekniikan uusiokäytöllä voidaan saavuttaa ja mitkä tekijät rajoittavat sen toteuttamista käytännössä. Työssä esitetään suosituksia, jotka voivat tukea päätöksentekoa korjausrakentamishankkeissa. Hypoteesina on, että LVI-järjestelmien uusiokäytöllä voidaan saavuttaa merkittäviä etuja erityisesti elinkaarikustannusten ja ympäristövaikutusten pienentämisessä, vaikka toteutukseen liittyy myös käytännön haasteita.

2 LVI-tekniikan uusiokäytön käsitteet ja periaatteet

Lämmitys-, viemärointi- ja ilmastointitekniikan (LVI) uusiokäyttö korjausrakentamisessa tarkoittaa olemassa olevien järjestelmien ja laitteiden hyödyntämistä uudelleen joko alkuperäisessä tai muokatussa muodossa. Tämä lähestymistapa mahdollistaa rakennusten käyttöiän pidentämisen, resurssien säästämisen ja ympäristövaikutusten vähentämisen.

2.1 Uusiokäytön määritelmä ja tavoitteet

Uusiokäytön keskeisiä käsitteitä ovat kiertotalous, elinkaariajattelu ja energiatehokkuus. Kiertotalouden periaatteiden mukaisesti pyritään minimoimaan materiaalihukka ja maksimoimaan käytettävissä olevien resurssien hyödyntäminen (Franssila & Puhto 2024, 16). Elinkaariajattelu korostaa rakennuksen koko elinkaaren huomioimista suunnittelusta purkuun, ja energiatehokkuus liittyy järjestelmien optimaaliseen toimintaan ja energian säästöön.

Uusiokäytön toteutus vaatii huolellista suunnittelua ja teknisten ratkaisujen soveltamista, jotta järjestelmät voidaan mukauttaa nykyaikaisiin tarpeisiin. Tärkeitä näkökulmia ovat kustannustehokkuus, turvallisuus ja yhteensopivuus nykyisten vaatimusten kanssa. Lainsäädäntö ja standardit ohjaavat uusiokäyttöä, varmistuen sen, että uudelleenkäytettävät komponentit täyttävät voimassa olevat rakennusmääräykset ja tekniset vaatimukset (139/2022).

2.2 Ympäristövaikutukset ja kestävä kehitys

LVI-tekniikan uusiokäyttö tarjoaa merkittäviä ympäristöhyötyjä. Käyttämällä uudelleen olemassa olevia laitteita ja järjestelmäkomponentteja voidaan vähentää uusien materiaalien ja tuotteiden valmistuksesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä (Ympäristöministeriö 2021). Tämä vähentää

rakennus- ja purkujätteen määrää sekä pienentää rakennushankkeen hiilijalanjälkeä.

Rakennusten elinkaariajattelu on keskeinen osa kestävästä kehityksestä, ja uusiokäyttö edistää tätä tavoitetta hyödyntämällä olemassa olevia resursseja uudelleen sen sijaan, että ne korvattaisiin uusilla. Lisäksi energiankulutuksen ja materiaalien tarpeen vähentyessä saavutetaan merkittäviä päästövähennyksiä koko rakennuksen käyttöikänsä aikana.

Esimerkiksi Ympäristöministeriön raportin mukaan taloteknisten järjestelmien uusiokäytöllä voidaan saavuttaa jopa 30–50 % päästövähennys verrattuna uusien järjestelmien hankintaan (Ympäristöministeriö 2021). Tämä tekee uusiokäytöstä paitsi ekologisesti myös taloudellisesti kannattavan vaihtoehdon. LVI-tekniikan uusiokäytöllä on merkittäviä ympäristövaikutuksia, kuten raaka-aineiden säästö, pienentyneet päästöt ja jätteen vähentäminen. Kestävän kehityksen kannalta uusiokäyttö edistää kiertotalouden tavoitteita ja tukee rakennusten elinkaariajattelua.

2.3 Sääntely ja standardit

LVI-tekniikan uusiokäyttö korjausrakentamisessa on säädelty useilla kansallisilla säädöksillä ja standardeilla, jotka varmistavat järjestelmien turvallisuuden, toimivuuden ja ympäristöystävällisyyden.

Keskeinen säädös on Rakentamislaki (751/2023), joka tuli voimaan 1.1.2025. Lain mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Laki korostaa myös rakennushankkeen osapuolten pätevyyttä ja vastuita (Ympäristöministeriö 2023).

Ympäristöministeriön ylläpitämä Suomen rakentamismääräyskokoelma sisältää tarkempia määräyksiä ja ohjeita. Esimerkiksi asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista (1047/2017) määrittelee vaatimukset vesi- ja viemärlaitteistojen suunnittelulle ja toteutukselle. Asetus korostaa laitteistojen käyttövarmuutta ja turvallisuutta sekä vesivahinkojen ehkäisyä.

Lisäksi Talotekniikka RYL 2002 tarjoaa yleisesti hyväksytyt laatuvaatimukset talotekniikan järjestelmille. Vaikka se ei ole säädös, sitä käytetään laajasti suunnittelun ja toteutuksen ohjeistuksena. RYL määrittelee muun muassa LVI-järjestelmien laatuvaatimukset, jotka ovat sovellettavissa myös uusiokäytön yhteydessä.

Uusiokäytön yhteydessä on tärkeää varmistaa, että käytettävät laitteet ja järjestelmät täyttävät nykyiset vaatimukset. Tämä edellyttää huolellista kuntotutkimusta ja tarvittaessa päivityksiä tai korjauksia ennen käyttöönottoa. Uusiokäyttöön liittyvät useat kansalliset ja kansainväliset standardit, kuten Euroopan unionin rakennustuotedirektiivit ja Suomen rakentamismääräykset. Sääntely varmistaa turvallisuuden, energiatehokkuuden ja ympäristöystävällisyyden.

3 Korjausrakentamisen erityispiirteet

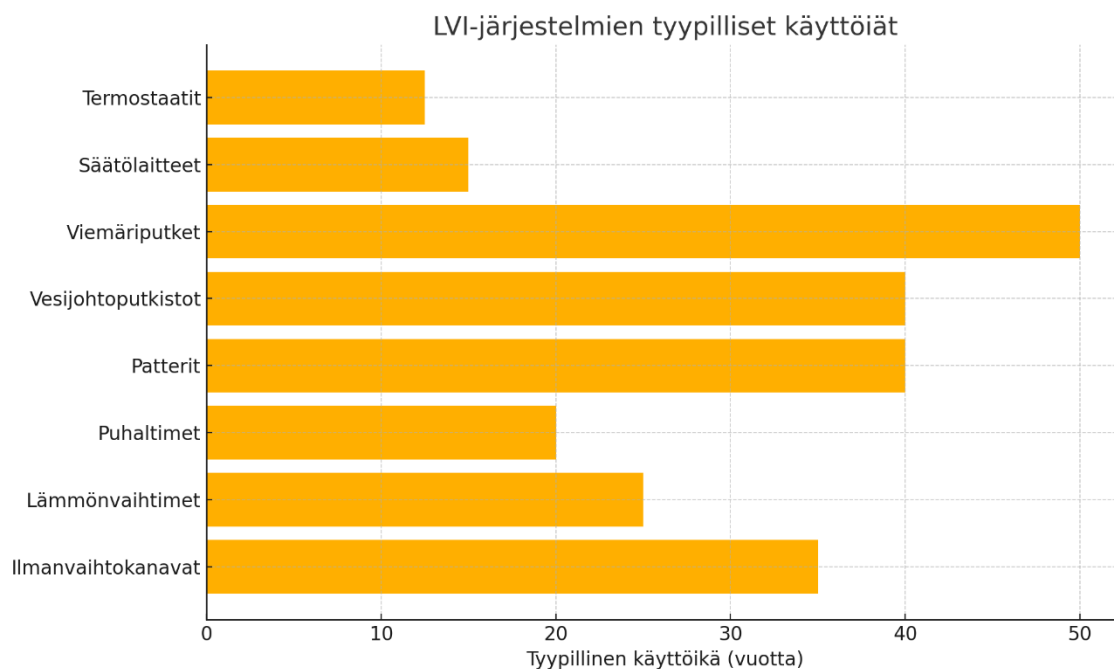
Korjausrakentaminen eroaa uudisrakentamisesta monin tavoin. Se on usein monivaiheinen ja vaativa prosessi, jossa yhdistyvät olemassa olevan rakennuksen kunnan arviointi, teknisten järjestelmien sopeuttaminen nykyaikaisiin vaatimuksiin sekä rakennushistoriallisten ja suojelullisten näkökulmien huomioon ottaminen. Korjausrakentamisen erityispiirteisiin kuuluu se, että työtä tehdään olemassa olevassa ympäristössä, mikä tuo mukanaan teknisiä, toiminnallisia ja aikataulullisia haasteita. LVI-tekniikan kannalta korjausrakentaminen edellyttää usein järjestelmien sovittamista rakennuksen alkuperäisiin rakenteisiin ja tiloihin. Tämä vaatii suunnittelijoilta ja toteuttajilta erityisosaamista ja luovia ratkaisuja, jotta järjestelmät voidaan toteuttaa turvallisesti, tehokkaasti ja rakennuksen arkkitehtuuria kunnioittaen. Lisäksi vanhojen järjestelmien uusiokäyttö voi tarjota taloudellisia ja ekologisia hyötyjä, mutta se vaatii huolellista kuntokartoitusta, arviointia ja dokumentointia ennen päätöksiä uudelleenkäytöstä (RT 103333, 2020).

Korjausrakentamisen toimintaympäristössä tulee huomioida myös käyttäjien tarpeet ja mahdolliset häiriöt rakennuksen käytölle korjaustöiden aikana. Esimerkiksi asunto- tai liikerakennuksissa tehtävät muutokset edellyttävät usein vaiheistamista ja erityisiä työtapoja. Näiden tekijöiden vuoksi korjausrakentaminen vaatii kokonaisvaltaista ja kohteeseen räätälöityä lähestymistapaa, jossa LVI-tekniikan rooli on keskeinen osa energiatehokkuuden, sisäilmaston ja käytettävyyden parantamista.

3.1 Rakennusten elinkaari ja korjaustarpeet

Rakennusten ja niiden teknisten järjestelmien elinkaari on keskeinen tekijä korjausrakentamisen tarpeiden arvioinnissa. Jokaisella rakennuksen osalla ja järjestelmällä on oma tekninen käyttöikänsä, jonka perusteella voidaan ennakoida huolto-, korjaus- tai uusimistarpeita. Esimerkiksi ilmanvaihtokanavien, pumppujen, lämmönvaihtimien ja termostaattien käyttöiät vaihtelevat 15–40

vuoden välillä (kuvio 1. TalotekniikkaRYL 2002). Näiden teknisten käyttöikien ylittyessä järjestelmät voivat heikentää energiatehokkuutta ja sisäilman laatua sekä aiheuttaa riskin järjestelmävioille ja vesivahingoille (RT 103333, 2020).



Kuvio 1. LVI-järjestelmien tyypilliset käyttöiät (TalotekniikkaRYL 2002; Ympäristöministeriö 2017).

LVI-järjestelmien elinkaaren hallinta on tärkeää paitsi rakennuksen toiminnan ja käyttäjämukavuuden kannalta, myös taloudellisesti ja ympäristöllisesti. Ennakoiva suunnittelu mahdollistaa resurssien tehokkaan käytön ja elinkaarikustannusten hallinnan. Korjaustarpeiden arviointi voidaan tehdä kuntotutkimusten, huoltokirjatietojen ja järjestelmien energiankulutuksen perusteella (Motiva 2023). Uusiokäyttö voi olla perusteltua, jos järjestelmät ovat teknisesti hyvässä kunnossa ja niitä voidaan turvallisesti soveltaa uudelleen toiseen käyttökohteeseen tai kunnostaa osana laajempaa peruskorjausta.

Korjausrakentamisen yhteydessä on olennaista arvioida, mitkä osat järjestelmästä kannattaa uusida ja mitkä voidaan hyödyntää uudelleen. Elinkaariajatteluun perustuva lähestymistapa auttaa tekemään pitkäjänteisiä ja

vastuullisia päätöksiä, jotka tukevat sekä taloudellista että ekologista kestävyyttä (Ympäristöministeriö 2021).

3.2 LVI-järjestelmien osuus korjausrakentamisessa

LVI-järjestelmät muodostavat olennaisen osan rakennuksen toiminnallisuutta, energiatehokkuutta ja käyttömukavuutta. Korjausrakentamisessa niiden merkitys korostuu erityisesti silloin, kun järjestelmät ovat teknisesti vanhentuneet, energiatehottomia tai eivät enää vastaa käyttäjien tarpeita tai nykyisiä rakennusmääräyksiä. LVI-järjestelmien korjaus tai uusiminen on usein yksi suurimmista yksittäisistä kokonaisuuksista rakennuksen teknisessä peruskorjauksessa (RT 103333, 2020).

Tyypillisimpiä LVI-tekniisiä toimenpiteitä (taulukko 1) korjaushankkeissa ovat lämmitysjärjestelmien modernisointi, ilmanvaihtojärjestelmien tasapainotus tai koneellinen ilmanvaihto, käyttövesi- ja viemäriputkistojen uusiminen sekä automaatiojärjestelmien päivittäminen. Nämä toimenpiteet vaikuttavat paitsi energiatehokkuuteen ja sisäilmaston hallintaan myös asumisviihtyvyyteen ja kiinteistön arvoon (Motiva 2023).

Korjausrakentamisessa LVI-järjestelmät eivät toimi erillisinä kokonaisuuksina, vaan niillä on usein suoria vaikutuksia rakennuksen muihin teknisiin järjestelmiin ja rakenteisiin. Esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmän parantaminen voi vaatia muutoksia yläpohjarakenteisiin tai IV-kanavien reitityksiin, ja lämmitysjärjestelmän muutos voi edellyttää putkiston saneerausta tai lämpöpatterien uusimista (TalotekniikkaRYL 2002).

Taulukko 1. Yleisimmät korjaustoimenpiteet.

Yleisimmät LVI-järjestelmien korjaustoimenpiteet

Järjestelmä	Yleinen korjaustoimenpide	Tavoite	Uusiokäytön mahdollisuus
Lämmitysjärjestelmä	Kattilan vaihto, patteriventtiilit	Energiätehokkuuden parantaminen	Osittain (esim. patterit)
Ilmanvaihtojärjestelmä	Säätö, koneen vaihto, puhdistus	Sisäilman laadun parantaminen	Kanavat, venttiilit
Käyttövesijärjestelmä	Putkistosaneeraus	Vuotoriskin poistaminen	Harvoin
Viemärijärjestelmä	Sukitus, pinnoitus	Käyttöiän pidentäminen	Usein (pinnoitus)
Rakennusautomaatio	Ohjauspaneelien uusinta	Säädön ja hallinnan tehostaminen	Ei yleensä

LVI-järjestelmien merkitys korostuu myös rakennusten energiatehokkuustavoitteiden saavuttamisessa. Usein suurin säästöpotentiaali löytyy juuri talotekniikan kautta. Siksi LVI-suunnittelu ja järjestelmien kuntoarviointi ovat keskeisiä vaiheita onnistuneessa korjaushankkeessa. Lisäksi järjestelmien osittainen uusiokäyttö voi tuoda kustannussäästöjä ja tukea kiertotalouden periaatteita, kunhan järjestelmien kunto ja soveltuvuus on asianmukaisesti arvioitu.

3.3 Korjausrakentamisen haasteet ja mahdollisuudet

Korjausrakentamisessa kohdataan monia erityispiirteitä, jotka vaikuttavat suunnittelun, toteutuksen ja lopputuloksen onnistumiseen. Yksi keskeinen haaste on olemassa olevan rakennuskannan suuri vaihtelevuus ja puutteelliset alkuperäistiedot. Monista vanhoista rakennuksista puuttuvat ajantasaiset suunnitelmat, mikä vaikeuttaa teknisten järjestelmien ja rakenteiden arviointia (Ympäristöministeriö 2020). Lisäksi tilaratkaisut eivät usein ole suoraan yhteensopivia nykyaikaisten järjestelmien kanssa, mikä voi vaatia mittavia muutoksia tai räätälöityjä ratkaisuja (RT 18-11188, 2018).

Toinen merkittävä haaste liittyy kustannusten hallintaan. Korjausrakentamisen aikana ilmenee usein ennakoimattomia ongelmia, kuten piilovaurioita tai asbestia, joiden korjaaminen lisää kustannuksia ja aikataulupaineita. Näihin haasteisiin voidaan vastata huolellisella kuntotutkimuksella, riskienhallintasuunnitelmalla ja vaiheistetulla toteutuksella.

Mahdollisuuksia korjausrakentamisessa syntyy erityisesti energiatehokkuuden, kiertotalouden ja käyttäjämukavuuden parantamisessa. Esimerkiksi olemassa olevien LVI-järjestelmien uusiokäyttö tai osittainen säilyttäminen voi vähentää materiaalitarvetta ja hiilijalanjälkeä merkittävästi. Lisäksi korjausrakentaminen tarjoaa tilaisuuden nykyaikaistaa järjestelmiä energiatehokkaammiksi ja digitaalisesti ohjattaviksi, mikä parantaa rakennuksen elinkaarikustannuksia ja käytettävyyttä.

Korjausrakentamisessa on myös mahdollista säilyttää arkkitehtonisia ja kulttuurihistoriallisia arvoja, jolloin rakennuksen identiteetti säilyy, mutta tekninen toimivuus päivitetään vastaamaan nykyvaatimuksia. Tämä korostaa suunnittelun ja eri asiantuntijoiden välisen yhteistyön merkitystä.

4 LVI-tekniikan uusiokäytön ratkaisut korjausrakentamisessa

LVI-tekniikan uusiokäyttö tarjoaa mahdollisuuden toteuttaa korjausrakentamishankkeita kestävämmiin ja kustannustehokkaampiin. Ratkaisujen kehittäminen edellyttää suunnitelmallista lähestymistapaa, jossa arvioidaan, mitä järjestelmien osia voidaan käyttää uudelleen sekä millaisin toimenpitein niiden toimintavarmuus voidaan varmistaa (Motiva 2023).

Yksi keskeinen ratkaisu on komponenttipohjainen uusiokäyttö. Esimerkiksi venttiilit, puhaltimet, lämmönvaihtimet ja termostaatit voidaan usein irrottaa ja asentaa uudelleen toiseen kohteeseen, edellyttäen, että ne ovat kunnossa ja huollettu asianmukaisesti. Tämä vaatii kuntotarkastuksia, testauksia ja usein valmistajien ohjeiden mukaisia tarkasteluja (Ympäristöministeriö 2021).

Toinen ratkaisu on laitteiden kunnostaminen, jossa vanhoja osia korjataan ja modernisoidaan vastaamaan nykystandardeja. Esimerkiksi vanhat ilmanvaihtokoneet voidaan varustaa uusilla EC-puhaltimilla ja automaatiokomponenteilla, jolloin niistä saadaan energiatehokkaampia ja paremmin ohjattavia.

Digitalisaation tuomat ratkaisut tukevat uusiokäyttöä entisestään. Älykkäiden järjestelmien avulla voidaan seurata vanhojen laitteiden toimintaa reaaliaikaisesti ja arvioida niiden soveltuvuutta uusiokäyttöön datan perusteella. Tämä mahdollistaa ennakoivan huollon ja elinkaaren hallinnan, jotka tukevat kestävästä rakentamisesta (RT 103082, 2020).

Ratkaisujen onnistunut toteutus vaatii myös sääntelyn ja ohjeistuksen huomioimista. Tämän vuoksi alan toimijoiden kouluttaminen ja yhteisten menettelytapojen kehittäminen ovat olennaisia edellytyksiä uusiokäytön yleistymiselle rakennusosalalla.

4.1 Materiaalien ja komponenttien kierrätys

Materiaalien ja komponenttien kierrätys on keskeinen osa LVI-tekniikan uusiokäyttöstrategiaa korjausrakentamisessa. Monet LVI-järjestelmien osat, kuten ilmanvaihtokanavat, metalliputket ja erilaiset laitteistot, koostuvat materiaaleista, jotka soveltuvat hyvin kierrätykseen tai uudelleenkäyttöön. Esimerkiksi ilmanvaihtokanavat ovat rakenteeltaan kestäviä, ja ne voidaan tarkastuksen jälkeen asentaa uudelleen toiseen kohteeseen, jolloin vältetään uusien materiaalien valmistuksesta aiheutuvat päästöt. Eri materiaaleilla on erilaiset uusiokäyttömahdollisuudet (taulukko 2).

Kierrätyksen hyödyntämiseen liittyy kuitenkin teknisiä ja logistisia haasteita. Järjestelmien purku, osien kunnan arviointi sekä puhdistus tai mahdollinen kunnostus vaativat asiantuntemusta ja resursseja. Erityisesti metalliset komponentit, kuten kupari- ja teräsputket, kierrätetään usein raaka-aineena uudelleenvalmistukseen, sillä niiden uusiokäyttö asennettuna järjestelmään on harvinaisempaa.

Taulukko 2. Kierrätys- ja uusiokäyttömahdollisuudet.

LVI-komponenttien kierrätys- ja uusiokäyttömahdollisuudet

Komponentti	Kierrätysmahdollisuus	Uusiokäyttömahdollisuus	Huomioita
Ilmanvaihtokanavat	Korkea	Korkea	Edellyttää tiiveyden ja puhtauden tarkastelua
Kupariputket	Korkea	Matala	Useimmiten sulatetaan ja kierrätetään
Teräsputket	Korkea	Matala	Soveltuvat mekaanisesti, mutta vaativat huolellista tarkastelua
LVI-kalusteet	Keskitaso	Keskitaso	Edellyttää puhdistusta ja kuntotarkastelua

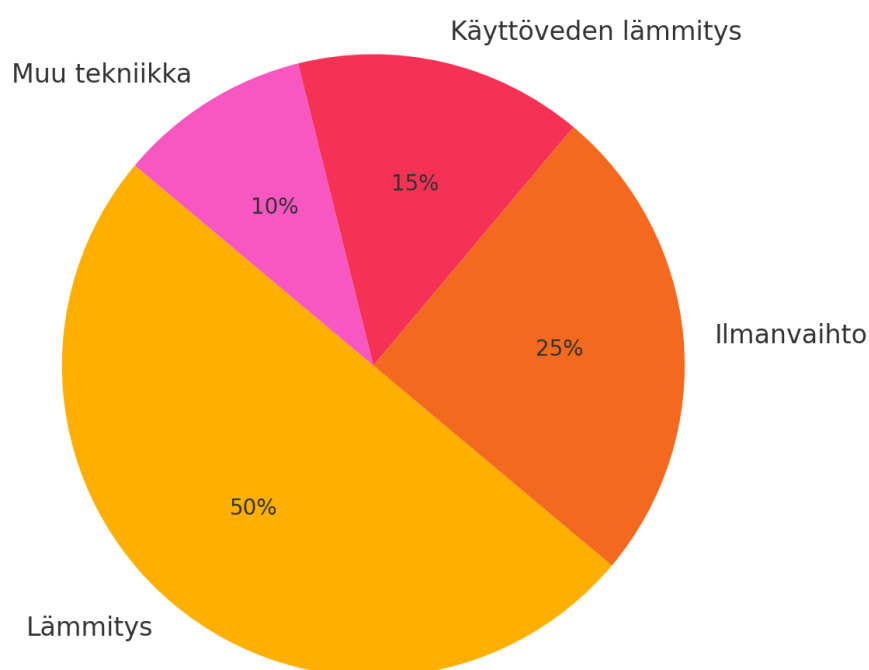
Tarkasti toteutettuna materiaalien ja komponenttien kierrätys voi merkittävästi vähentää rakennushankkeen hiilijalanjälkeä ja materiaalikustannuksia. Jatkossa digitaalisten alustojen, kuten komponenttipankkien, avulla voidaan tehostaa uusiokäyttökelpoisten osien saatavuutta ja seurantaa.

4.2 Energiatohokkuuden parantaminen

Energiatohokkuuden parantaminen on yksi keskeisimmistä tavoitteista LVI-tekniikan uusiokäytön yhteydessä. Korjausrakentamisen kontekstissa uusiokäytön ja energiatohokkuustoimien yhdistäminen voi tuoda merkittäviä säästöjä sekä energiankulutuksessa että hiilidioksidipäästöissä (Motiva 2023).

Vanhojen lämmitys-, ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien modernisointi tai niiden osittainen uusiokäyttö yhdistettynä energiatohokkaisiin komponentteihin voi tuottaa huomattavan hyötykokonaisuuden. LVI-järjestelmäkokonaisuus on 90 % rakennuksen kokonaisenergiakulutuksesta (kuvio 2). Esimerkiksi vanha ilmanvaihtokone voidaan varustaa hävikin pienentävällä lämmöntalteenottoyksiköllä tai uutta teknologiaa edustavilla puhaltimilla, jolloin järjestelmän kokonaiskulutus laskee (Motiva 2023).

LVI-järjestelmien osuus rakennuksen energiankulutuksesta



Kuvio 2. LVI-järjestelmien osuus rakennuksen energiankulutuksesta.

Rakennusautomaatio on keskeinen osa energiatehokkuuden parantamista. Automaation avulla voidaan säätää lämmityksen ja ilmanvaihdon toimintaa tarpeenmukaisesti, ja uudelleenkäytettäviin laitteisiin voidaan lisätä uusia antureita ja ohjausyksiköitä. Näin saavutetaan parempi sisäilman laatu sekä vähäisempi energiankulutus.

Energiatehokkuuden parantaminen on myös usein ehdoton vaatimus korjausavustuksille ja EU:n energiatehokkuustavoitteiden saavuttamiselle, mikä tekee aiheesta entistä ajankohtaisemman (Ympäristöministeriö 2023).

4.3 Innovatiiviset teknologiat ja käytännöt

Innovatiiviset teknologiat ja toimintatavat tukevat merkittävästi LVI-tekniikan uusiokäyttöä korjausrakentamisessa. Uudet ratkaisut mahdollistavat entistä tarkemman kuntoarvioinnin, energiatehokkaamman suunnittelun ja komponenttien elinkaaren pidentämisen.

Yksi keskeisistä teknologioista on digitaalinen kaksonen (digital twin), jonka avulla voidaan mallintaa rakennuksen teknisiä järjestelmiä ja niiden toimintaa reaaliaikaisesti. Digitaalisen kaksosen avulla voidaan ennakoida LVI-järjestelmien käyttäytymistä eri olosuhteissa, mikä tukee päätöksentekoa esimerkiksi komponenttien säilyttämisestä tai uusimisesta. Myös 3D-skannaus ja pistepilviteknologia ovat yleistyneet kuntotutkimuksen tukena. Näiden avulla voidaan luoda tarkkoja malleja olemassa olevista järjestelmistä ja arvioida tarkemmin uusiokäyttökelpoisia osia ja niiden asennettavuutta uudessa ympäristössä (Sitowise 2023).

Innovatiiviset käytännöt liittyvät lisäksi jakamistalouteen ja komponenttipankkeihin, joiden kautta voidaan löytää uusiokäyttökelpoisia LVI-osia eri hankkeista. Esimerkiksi Saksassa ja Alankomaissa on kehitetty pilottihankkeita, joissa rakennusosien ja LVI-komponenttien uudelleenkäyttöä on edistetty alueellisilla verkkopalveluilla.

Käytännössä innovatiivisten teknologioiden soveltaminen edellyttää uudenlaista osaamista ja yhteistyötä rakennuttajien, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä. Oikein hyödynnettynä ne mahdollistavat tehokkaamman ja resurssiviisaamman korjausrakentamisen.

4.4 Juridiset näkökulmat ja vastuut

LVI-tekniikan komponenttien uusiokäyttö herättää useita juridisia kysymyksiä, jotka liittyvät erityisesti vastuunjakoon, takuusuhteisiin, sopimuksiin ja määräystenmukaisuuteen. Juridiset näkökohdat vaihtelevat osapuolen roolin mukaan, ja ne on huomioitava hankkeen suunnittelun ja toteutuksen kaikissa vaiheissa.

4.4.1 Rakennuttajan ja tilaajan näkökulma

Rakennuttaja vastaa hankkeen kokonaisuudesta ja siitä, että ratkaisut ovat rakennusmääräysten ja sopimusehtojen mukaisia. Mikäli uusiokäyttöön otetaan käytettyjä komponentteja, rakennuttajalla on velvollisuus varmistaa, että ne täyttävät nykyiset tekniset vaatimukset ja määräykset. Tämä edellyttää usein tarkastuslausuntoja, asiantuntija-arvioita ja dokumentointia (Rakennustieto 2020). Rakennuttajan on myös huolehdittava, että sopimukseen sisältyvät selkeät vastuunrajaukset käytettyjen komponenttien toimivuudesta ja takuista.

4.4.2 Suunnittelijan vastuut

Suunnittelija on vastuussa siitä, että tekniset ratkaisut ovat turvallisia ja määräysten mukaisia. Uusiokäytön yhteydessä suunnittelijan on arvioitava komponenttien soveltuvuus kohteeseen ja mahdolliset tekniset riskit. Mikäli käytetty osa ei toimi suunnitellusti, vastuu voi langeta suunnittelijalle, ellei sopimuksissa ole muuta määritely (SFS 5978, 2016).

4.4.3 Urakoitsijan näkökulma

Urakoitsijan vastuulla on asentaa suunnitelmien mukaiset osat oikein. Käytettyjen komponenttien kohdalla urakoitsijan tulee tarkistaa vastaanottamiensa osien kunto ja toimivuus. Jos osa osoittautuu vialliseksi ja sen uusiokäyttö ei perustu virheelliseen asennukseen, vastuun tulee olla määritelty tilaajan tai tavarantoimittajan suuntaan. Tämä edellyttää selkeitä sopimuksia ja mahdollisesti erillisiä tarkastusprotokollia (RT 80291, 2018).

4.4.4 Takuut ja viranomaisasiat

Käytetyt komponentit eivät useimmiten kuulu alkuperäisvalmistajan takuun piiriin, ellei niitä ole kunnostettu ja tarkastettu uudelleen sertifioidusti. Viranomaisvalvonnassa käytettyjen komponenttien hyväksyntä voi edellyttää lisäselvityksiä, kuten testauspöytäkirjoja tai asiantuntijalausuntoja (Ympäristöministeriö 2021). Näiden puuttuessa rakennusvalvonta voi estää komponentin käytön hankkeessa.

4.5 Haasteet LVI-tekniikan uusiokäytössä

LVI-tekniikan uusiokäyttö tarjoaa potentiaalia kestäväan rakentamiseen, mutta siihen liittyy merkittäviä teknisiä, toiminnallisia ja säädöksellisiä haasteita, jotka vaihtelevat järjestelmäkohtaisesti. Uudelleenkäytettävien osien kunnan arviointi, yhteensopivuus nykyisten rakennusstandardien kanssa sekä taloudellinen ja tekninen kannattavuus muodostavat keskeisiä kysymyksiä, jotka voivat rajoittaa uusiokäytön toteutettavuutta.

Erityisesti järjestelmäkohtaiset vaatimukset, kuten käyttövarmuus vesijohdoissa, tiiviysvaatimukset viemäreissä ja ilmanvaihdossa, sekä automaation yhteensopivuus nykyaikaisen ohjaustekniikan kanssa, edellyttävät huolellista suunnittelua ja osaavaa toteutusta. Myös järjestelmien käyttöikä, huollettavuus ja

aiempi dokumentointi vaikuttavat olennaisesti siihen, voidaanko järjestelmää hyödyntää uudelleen turvallisesti ja tarkoituksenmukaisesti.

Haasteet korostuvat erityisesti silloin, kun uusiokäytettävä järjestelmä on osittain epästandardi, puutteellisesti dokumentoitu tai kun sen tekninen tila ei ole helposti arvioitavissa ilman laajempia purku- tai testausmenettelyjä. Siksi uusiokäyttöä harkittaessa on tärkeää tarkastella eri LVI-järjestelmiä omista lähtökohdistaan ja arvioida järjestelmäkohtaiset riskit ja mahdollisuudet tapauskohtaisesti (RT 103333, 2020).

4.5.1 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Vesi- ja viemärijärjestelmien uusiokäyttöön liittyy useita kriittisiä haasteita, jotka johtuvat erityisesti järjestelmien käyttövarmuuteen, hygieniaan ja tiiveyteen kohdistuvista vaatimuksista. Käyttövesiputkiston tulee täyttää nykyiset terveys- ja rakennusmääräykset, kuten asetuksen 1047/2017 mukaiset vaatimukset materiaalien soveltuvuudesta juomavedelle sekä suojauksesta epäpuhtauksien pääsyä vastaan. Uudelleenkäytettävien putkien sisäpinnat voivat olla kuluneita, kalkkiutuneita tai ruosteessa, mikä tekee niiden soveltuvuuden arvioinnista haastavaa.

Viemärijärjestelmien osalta uusiokäytön haasteet liittyvät erityisesti tiiviyteen (hajut, vuodot) ja mekaaniseen kestävyteen sekä palo-osastointiin. Vanhojen viemäriputkien kunnon arviointi vaatii usein kuvaamista tai painetestejä, eikä niissä ilmeneviä kulumia tai vuotoriskejä voida aina poistaa ilman putkien uusimista. Lisäksi viemäroinnin uudelleenkäyttöön voi liittyä ongelmia järjestelmän virtaamien tai kaatojen suhteen, mikä vaikeuttaa niiden soveltamista muuttuviin tilaratkaisuihin tai uusiin kuormituksiin.

Sekä käyttövesi- että viemärijärjestelmien kohdalla uusiokäyttö edellyttää käytännössä aina huolellista kuntotutkimusta, näytteenottoa ja mahdollisesti laboratoriotestejä, jotta varmistetaan järjestelmän turvallisuus ja toimivuus. Usein taloudellinen ja tekninen analyysi osoittaa, että uusiminen on kokonaiskustannuksiltaan edullisempaa kuin käytettyjen komponenttien

kunnostus ja testaus. Tästä syystä käyttövesi- ja viemärijärjestelmien uusiokäyttö jää monissa tapauksissa vähäiseksi ja rajoittuu lähinnä yksittäisiin osiin, kuten lattiakaivoihin, nousulinjoihin tai viemäriin tarkastusputkiin, mikäli ne ovat hyväkuntoisia ja helposti saavutettavissa.

4.5.2 Ilmanvaihtojärjestelmät

Ilmanvaihtojärjestelmien uusiokäytön suurimmat haasteet eivät aina liity pelkästään laitteiden kuntoon, vaan myös siihen, kuinka hyvin ne taipuvat nykyisten vaatimusten mukaisiksi. Esimerkiksi vanhojen kanavistojen sisäpinnat saattavat sisältää epäpuhtauksia, joita ei saada täysin poistettua edes perusteellisella puhdistuksella. Pöly, mikrobit tai kuitumaiset jäämät voivat jäädä pintamateriaaleihin kiinni ja heikentää lopputulosta sisäilman laadun kannalta.

Toiminnallinen yhteensopivuus uuden ja vanhan järjestelmän välillä on yksi ilmanvaihdon uusiokäytön keskeisiä haasteita. Vaikka ilmanvaihtokanavien mitoitus on pysynyt lähes muuttumattomana jo vuosikymmeniä, eivät fyysiset liitännät ole suurin ongelma. Sen sijaan haasteet liittyvät järjestelmän kokonaisuuden toimintaan: uudet ilmanvaihtokoneet toimivat usein eri painealueilla, hyödyntävät energiatehokkaita EC-puhaltimia ja edellyttävät tarkempaa säätöä sekä parempaa tasapainotusta. Vanha kanavisto ei aina taivu näihin vaatimuksiin ilman muutoksia jakokaavioihin, päätelaitteisiin tai äänenvaimennukseen.

Lisäksi, vaikka vanha kanavisto päätettäisiin säilyttää ja vain ilmanvaihtokone uusittaisiin, joudutaan järjestelmä joka tapauksessa suunnittelemaan ja mitoittamaan uudelleen. Uuden laitteen oikea valinta ja toiminta edellyttävät tarkkaa tietoa ilmavirroista, painehäviöistä ja järjestelmän kokonaisuormasta. Tämä tarkoittaa, että kustannuksia syntyy suunnittelusta ja mallintamisesta riippumatta siitä, kuinka suuri osa järjestelmästä fyysisesti uusitaan (Motiva 2023; Sitowise 2023).

Yksi usein unohdettu, mutta merkittävä seikka liittyy ilmanvaihtoon liitettyyn lämmitykseen tai jäähdytykseen. Mikäli uusi ilmanvaihtokone sisältää

jälkilämmityspatterin tai viilennysyksikön, on vanhojen kanavien lämmöneristyksen kunto ja riittävyys arvioitava uudelleen. Puutteellinen tai olematon eristys voi aiheuttaa lämpöhäviöitä, kondenssiriskiä tai epätasaisen lämpötilanjakautuman tiloihin.

Myös sisäilman laatuvaatimukset ovat tiukentuneet. Vanhojen kanavien puhtaus, tiiveys ja hygienian taso voivat muodostua esteeksi uusiokäytölle erityisesti kohteissa, joissa vaaditaan korkeaa ilmanlaatua – kuten asunnoissa, päiväkodeissa tai kouluissa. Näistä syistä ilmanvaihtojärjestelmän uusiokäyttö on lähes poikkeuksetta tapauskohtaista ja vaatii huolellista kuntotutkimusta, teknistä arviointia sekä suunnittelupäätöksiä, jotka pohjautuvat todelliseen kokonaishyötyyn.

Lisäksi vanhemmat järjestelmät voivat olla suunniteltu perinteisen poistoilmanvaihdon ehdoilla, jolloin tuloilman reitit, venttiilien sijainnit tai puuttuva lämmitys voivat estää järjestelmän tasapainoisen ja energiatehokkaan toiminnan. Tiiveysluokan puutteet tai huonokuntoiset liitokset voivat myös heikentää kokonaistoimivuutta ja lisätä energiankulutusta, vaikka periaatteessa järjestelmä olisi asennettavissa sellaisenaan.

Käytännössä on myös havaittu, että monet vanhat järjestelmät eivät sisällä nykyvaatimusten mukaisia säätö- tai mittausmahdollisuuksia. Näin ollen tasapainotuksen tekeminen voi olla hankalaa tai mahdotonta ilman lisämuutoksia. Samaan aikaan ilmanvaihtokoneiden uusiokäyttö ei ole täysin poissuljettua – kone voidaan modernisoida vaihtamalla esimerkiksi EC-moottoreita tai automaatiokomponentteja, jolloin sen käyttöikä pidentyy merkittävästi (Motiva 2023).

Lopulta kysymys on arvioinnista. Mikäli kanavisto on selkeästi dokumentoitu, rakenteellisesti kunnossa ja puhdistettavissa, voi sen uusiokäyttö olla järkevää – esimerkiksi varastoissa tai teknisissä tiloissa, joissa sisäilman laatutaso ei ole yhtä kriittinen kuin asuinhuoneistoissa. Jos taas kunto on epäselvä tai järjestelmä ei taivu uusiin ilmamääriin, on uudistaminen usein varmempi ja pitkällä tähtäimellä taloudellisempi ratkaisu (Tuominen 2021).

4.5.3 Lämmitysjärjestelmät

Lämmitysjärjestelmien uusiokäyttö korjausrakentamisessa voi tarjota kustannussäästöjä ja resurssitehokkuutta, mutta järjestelmätasolla siihen liittyy myös selkeitä riskejä. Erityisesti putkistojen kunto ja lämmönsiirtoon osallistuvien osien ikä muodostavat kriittisiä tarkastelukohteita. Vanhojen pattereiden ja lämmönjakokeskusten hyödyntäminen vaatii tarkan kuntokartoituksen sekä analyysin siitä, täyttävätkö ne nykyiset energiatehokkuus- ja säätötaaso-vaatimukset.

Yksi merkittävä epävarmuustekijä on vanhojen putkistojen sisäinen korroosio ja mahdollinen tukkeutuminen. Vaikka ulkoisesti järjestelmä vaikuttaisi ehjältä, saattaa sisäpintaan kertyä vuosien aikana epäpuhtauksia, jotka heikentävät virtausta ja lämmönsiirtoa. Tällaisten ongelmien havaitseminen vaatii erikoismittauksia, näytteenottoa sekä järjestelmän purkamista näiden tarkasteluksi, mikä lisää selvityskustannuksia. Jos taas putkisto päädytään uusimaan, voi osittainen uusiokäyttö osoittautua kokonaisuuden kannalta tehottomaksi ratkaisuksi (Motiva 2023).

Teknisen yhteensopivuuden ohella on huomioitava järjestelmien säätö- ja ohjaustekniikka. Monissa vanhoissa kohteissa lämmitys perustuu jatkuvakäyntiseen peruslämpöön, kun taas nykyaikaiset järjestelmät hyödyntävät ulkolämpötilan mukaan ohjautuvaa säätöä ja automaatiota. Tämä asettaa vaatimuksia vanhan järjestelmän muunneltavuudelle. Jos järjestelmässä ei ole mahdollisuutta lämpötilansäätöön tai virtaamien hallintaan, ei sen energiatehokkuus voi vastata nykyisiä vaatimuksia ilman laajempia päivityksiä.

Uusiokäytön toteutettavuutta rajoittaa usein myös dokumentaation puute. Vanhemmissa kohteissa ei aina ole tarkkoja tietoja putkireiteistä, lämmitysverkoston tasapainotuksesta tai komponenttien teknisistä ominaisuuksista. Tämä tekee mitoituksista ja järjestelmän simuloinnista haastavaa, ja voi johtaa epätasaiseen lämmönjakoon tai järjestelmän toimintahäiriöihin.

Tietyissä tapauksissa, esimerkiksi osittaisissa peruskorjauksissa, voi uusiokäyttö olla perusteltua. Hyväkuntoiset patterit tai jakotukit voivat olla täysin käyttökelpoisia, jos niiden yhteensopivuus uudistettavan järjestelmän kanssa voidaan todeta. Kuitenkin laajamittaisessa uudistuksessa koko lämmitysjärjestelmän uusiminen on usein teknisesti ja taloudellisesti kestävämpi ratkaisu – etenkin jos samalla siirrytään esimerkiksi kaukolämmöstä maalämpöön tai muuhun uusiutuvaan lämmitysmuotoon (Tolppi 2021).

4.5.4 Rakennusautomaatiojärjestelmät

Rakennusautomaation uusiokäytössä vastaan tulee usein enemmän teknologisia ja yhteensopivuuteen liittyviä haasteita kuin varsinaisia fyysisiä rajoitteita. Usein vanhat automaatiojärjestelmät on suunniteltu suljetuiksi kokonaisuuksiksi, joissa laitevalmistajan komponentit toimivat ainoastaan oman järjestelmänsä sisällä. Tällöin yksittäisten osien, kuten anturien, säätimien tai käyttöliittymien, säilyttäminen voi olla mahdotonta, ellei koko automaatiokokonaisuutta päivitetä vastaavasti (Granlund 2023).

Teknologian nopea kehitys aiheuttaa ongelmia etenkin liitettävyyden ja etähallinnan osalta. Monet vanhat järjestelmät eivät tue nykystandardeja, kuten avoimia rajapintoja (esim. BACnet tai Modbus) tai pilvipohjaista valvontaa. Tämä voi rajoittaa yhteensopivuutta uusien laitteiden tai käyttöliittymien kanssa, vaikka laitteet sinänsä toimisivat moitteettomasti. Käytännössä tämä tarkoittaa, että järjestelmää ei voida liittää osaksi keskitettyä rakennuksen energianhallintaa tai sitä ei voida valvoa ja säätää nykyaikaisilla työkaluilla (Kalliokoski 2023).

Uusiokäyttö voi kuitenkin olla mahdollista joissakin tapauksissa, esimerkiksi jos ohjauskaapelit, sähkökeskukset ja osat kentälaitteista ovat hyvässä kunnossa ja soveltuvat uuden logiikan tai käyttöliittymän liittämiseen. Tällöin voidaan puhua osittaisesta uusiokäytöstä, jossa vanhaa laitetekniikkaa hyödynnetään, mutta ohjauslogiikka ja käyttäjärajapinta korvataan nykyaikaisilla

komponenteilla. Tärkeää on arvioida kriittisesti järjestelmän jatkokäytön tekninen ja toiminnallinen potentiaali sekä päivittää dokumentointi ajan tasalle.

Korjausrakentamisen yhteydessä automaatiojärjestelmän uusiokäyttöä kannattaa harkita erityisesti silloin, kun järjestelmä on laajasti dokumentoitu, ja sen peruskomponentit ovat modulaarisia tai teollisuusstandardeihin perustuvia. Mikäli kyseessä on vanhentunut tai valmistajakohtainen suljettu järjestelmä, uuden rakentaminen on useimmiten tehokkaampi ja pitkäikäisempi ratkaisu.

5 Teoreettinen ja analyyttinen tarkastelu

Tässä luvussa tarkastellaan LVI-tekniikan uusiokäyttöä teoreettisesta ja analyyttisestä näkökulmasta. Tarkastelussa painottuvat erityisesti kustannusvaikutukset, ympäristövaikutusten arviointi sekä uusiokäytön kannattavuutta havainnollistava esimerkki ja mallinnus.

LVI-järjestelmien uusiokäytön kannattavuutta voidaan arvioida elinkaarikustannuslaskelmien (LCC) avulla. Laskelmissa vertaillaan uusien komponenttien hankinta- ja asennuskustannuksia suhteessa käytettyjen ja kunnostettujen osien kustannuksiin. Usein uusiokäyttöön liittyvät kustannukset jäävät 20–50 % matalammiksi, kun huomioidaan materiaalikustannusten lisäksi myös mahdolliset purku-, kuljetus- ja kunnostustoimet (Pulakka ym. 2007).

Ympäristövaikutusten osalta uusiokäytön hyötyjä voidaan tarkastella esimerkiksi CO₂-päästöinä. Laskennallinen analyysi voi osoittaa, että esimerkiksi ilmanvaihtokanavien uusiokäyttö voi vähentää päästöjä jopa 50–70 % verrattuna uusien tuotteiden valmistukseen (Tuominen 2021). Materiaalien valmistuksen ja logistiikan väheneminen vaikuttaa ratkaisevasti koko rakennuksen hiilijalanjälkeen.

Analyyttinen tarkastelu voi myös perustua tapausesimerkkeihin, joissa on toteutettu LVI-tekniisten järjestelmien uusiokäyttö korjausrakentamishankkeessa. Esimerkkikohteissa voidaan vertailla toteutuneita kustannuksia, energiankulutusta ja käyttäjäkokemuksia ennen ja jälkeen uudistuksen (Järvenpää 2022).

Laskennallisia arvioita voidaan tuottaa muun muassa elinkaarianalyysin (LCA) ja elinkaarikustannuslaskennan (LCC) menetelmin. Näiden avulla voidaan tukea päätöksentekoa ja osoittaa uusiokäytön tuottamat säästöt sekä ympäristön että talouden näkökulmasta (Tolppi 2021).

5.1 Kustannustehokkuuden arviointi

LVI-tekniikan uusiokäyttöä voidaan tarkastella kustannustehokkuuden näkökulmasta erityisesti elinkaarikustannusten avulla. Kustannustehokkuuden arvioinnissa verrataan uusien järjestelmien hankinta- ja asennuskustannuksia käytettyjen tai kunnostettujen komponenttien vastaaviin kustannuksiin. Lisäksi tarkasteluun kuuluvat käyttö- ja huoltokustannukset koko käyttöiän ajalta.

Useissa tutkimuksissa on havaittu, että käytettyjen LVI-komponenttien uusiokäyttö voi alentaa kokonaiskustannuksia jopa 20–50 %, etenkin jos purku, kuljetus ja kunnostus toteutetaan hallitusti ja osat ovat hyväkuntoisia. Erityisesti metalliset osat, kuten venttiilit, patterit ja kanavistot, voidaan hyödyntää uudelleen suhteellisen pienin kustannuksin verrattuna uusien osien hankintaan.

Kustannustehokkuus ei kuitenkaan aina ilmene välittömänä säästönä investointivaiheessa, vaan hyödyt voivat realisoitua pitkällä aikavälillä, esimerkiksi alentuneina ylläpitokustannuksina ja pidempänä käyttöikänä. Uusiokäyttöön liittyy usein myös pienemmät materiaalien ja kuljetusten hiilikustannukset, jotka voivat vaikuttaa kokonaiskannattavuuteen.

Kustannustehokkuutta voidaan analysoida hyödyntämällä rakennushankkeissa yleisesti käytettyjä arviointityökaluja, kuten NPV-laskentaa, Payback Time-menetelmää sekä elinkaarikustannusten vertailutaulukoita. Näiden avulla voidaan osoittaa selkeästi, missä tapauksissa uusiokäyttö on taloudellisesti kannattavaa.

5.2 Ympäristövaikutusten laskenta ja analyysi

LVI-tekniikan uusiokäytön ympäristövaikutuksia voidaan arvioida erityisesti LCA-menetelmin. LCA tarjoaa työkalun vertailla uusiokäytön ja uusien komponenttien valmistuksen aiheuttamia ympäristövaikutuksia, kuten energiankulutusta, hiilidioksidipäästöjä ja materiaalihukkaa.

Esimerkiksi ilmanvaihtokanavien tai metallisten putkien uusiokäytöllä voidaan vähentää merkittävästi rakennushankkeen hiilijalanjälkeä. Tutkimuksissa on havaittu, että uusiokäytetty ilmanvaihtokanava voi aiheuttaa jopa 60–70 % vähemmän CO₂-päästöjä kuin vastaava uusi tuote, johtuen erityisesti valmistusprosessin ja raaka-aineiden käytön vähentymisestä.

Ympäristövaikutusten arvioinnissa voidaan huomioida myös komponentin kuljetusmatkat, kunnostuksen energiankulutus ja käyttöiän pidentyminen. Nämä kaikki tekijät vaikuttavat kokonaistulokseen. Esimerkiksi jos uusiokäytettävä osa on paikallisesti purettu ja sitä ei tarvitse kunnostaa laajasti, saavutettavat päästövähennykset voivat olla huomattavia.

Rakennusalalla LCA-laskentaa voidaan suorittaa esimerkiksi One Click LCA-työkalulla tai kansallisten päästökertoimien avulla. Työkalujen avulla voidaan vertailla eri ratkaisujen ympäristövaikutuksia ja tukea ympäristöystävällistä päätöksentekoa suunnitteluvaiheessa (Ympäristöministeriö 2021).

5.3 Esimerkkilaskelmia ja mallinnuksia

Tässä osiossa esitetään konkreettisia laskelmia ja kaavoja, joilla voidaan arvioida LVI-järjestelmien uusiokäytön kustannuksia ja ympäristövaikutuksia. Tavoitteena on havainnollistaa, kuinka insinöörit voivat tukea päätöksentekoa numeerisen analyysin avulla.

Esimerkkinä on käytetty olemassa olevan ilmanvaihtokoneen modernisointia verrattuna uuden koneen hankintaan. Laskelmissa huomioidaan investointikustannukset, käyttökustannukset, energiansäästö, hiilidioksidipäästöt ja investoinnin nettonykyarvo. Tarkastelu antaa kokonaisvaltaisen kuvan siitä, miten modernisointi ja uusiokäyttö voivat vaikuttaa teknistaloudelliseen ja ympäristölliseen kannattavuuteen.

5.3.1 Elinkaarikustannus

LCC kuvaa investoinnin kokonaiskustannuksia sen koko elinkaaren ajalta. Laskennassa otetaan huomioon hankintahinta, käyttökustannukset, huollot ja mahdollinen jäännösarvo. LCC soveltuu hyvin investointien kustannustehokkuuden vertaamiseen.

LCC eroaa NPV-laskennasta siinä, että LCC tarkastelee kustannuksia, kun taas NPV ottaa huomioon myös rahavirtojen hyödyt (esim. säästöt tai tuotot) ja niiden nykyarvon. NPV huomioi sijoitetun pääoman kannattavuuden, kun taas LCC kertoo, mikä ratkaisu on kokonaisuudessaan edullisin pitkällä aikavälillä.

Elinkaarikustannusten avulla voidaan vertailla vaihtoehtoja:

$$LCC = C_i + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

jossa:

C_i on investointikustannus, kuten osan hankinta tai kunnostus

C_t on vuosittainen ylläpitokustannus

r on diskonttokorko

n on käyttöikä vuosina

Uuden laitteen kustannukset voidaan laskea kaavan 2 mukaan, kun oletetaan seuraavasti:

C_i on 30 000 €

C_t on 1000 €

r on 3 %

n on 20 vuotta

$$LCC_{uusi} = 30000 + \sum_{t=1}^{20} \frac{1000}{(1 + 0,3)^t}$$

$$LCC_{uusi} = 44\,877 \text{ €}$$

Modernisoidun laitteen kustannukset voidaan laskea kaavan 2 mukaan, kun oletetaan seuraavasti:

C_i on 10 000 €

C_t on 1000 €

r on 3 %

n on 15 vuotta

$$LCC_{mod} = 15000 + \sum_{t=1}^{15} \frac{1000}{(1 + 0,3)^t}$$

$$LCC_{mod} = 10\,000 + 11\,735$$

$$LCC_{mod} = 22\,735 \text{ €}$$

5.3.2 Hiilijalanjäljen laskenta

Hiilijalanjäljen laskenta auttaa arvioimaan, kuinka paljon kasvihuonekaasupäästöjä syntyy rakennustuotteiden ja -järjestelmien valmistuksesta, kuljetuksesta ja käytöstä. Materiaalivalinnoilla on merkittävä vaikutus lopulliseen hiilijalanjälkeen, sillä esimerkiksi kevyemmät tai kierrätetyt materiaalit voivat pienentää päästöjä huomattavasti verrattuna perinteisiin ratkaisuihin. Laskennan avulla voidaan vertailla esimerkiksi uuden ja modernisoidun ilmanvaihtokoneen ympäristövaikutuksia sekä tehdä valintoja, jotka tukevat vähähiilistä rakentamista.

$$CO_2 = E_m \cdot Q_m$$

jossa:

E_m on materiaalin päästökerroin (kgCO₂/kg)

Q_m on materiaalin määrä (kg)

Esimerkkilaskelma uusi laite:

E_m on 1 kgCO₂/kg (kierrätysalumiini)

E_m on 2,5 kgCO₂/kg (teräs)

Q_m on 1500 kg (josta 1000 kg alumiinia ja 500 kg terästä)

$$CO_2 = 1 \text{ kg} \cdot 1000 \text{ kg} + 2,5 \text{ kg} \cdot 500 \text{ kg}$$

$$CO_2 = 2250 \text{ kg}$$

Esimerkkilaskelma modernisoitu laite:

E_m on 2,5 kgCO₂/kg (teräs)

Q_m on 200 kg

$$CO_2 = 2,5 \text{ kg} \cdot 200 \text{ kg}$$

$$CO_2 = 600 \text{ kg}$$

5.3.3 NPV-laskelma

NPV kertoo, kuinka kannattava investointi on pitkällä aikavälillä ottaen huomioon rahan aika-arvon. NPV lasketaan diskonttaamalla tulevat nettotuotot nykyhetkeen.

NPV-tuloksen tulkinta:

Kun $NPV > 0$, investointi on taloudellisesti kannattava.

Kun $NPV = 0$, investointi tuottaa juuri saman verran kuin käytetty diskonttokorko.

Kun $NPV < 0$, investointi ei ole kannattava.

NPV:tä käytetään vertailemaan vaihtoehtoja, esimerkiksi uuden ja uusiokäyttöisen LVI-komponentin välillä:

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

jossa:

C_0 on investointikustannus, kuten osan hankinta tai kunnostus

B_t on vuosihyöty (energian säästö)

C_t on vuosittainen ylläpitokustannus

r on diskonttokorko

n on käyttöikä vuosina

Esimerkkilaskelma uusi laite:

C_0 on 30 000 €

B_t on 1260 €

C_t on 1000 €

r on 3 %

n on 20 vuotta

$$NPV_{uusi} = -30\,000 + \sum_{t=1}^{20} \frac{1260 - 1000}{(1 + 0,03)^t}$$

$$NPV_{uusi} = -30\,000 + 3856$$

$$NPV_{uusi} = -26\,144 \text{ €}$$

$$NPV_{mod} = -10\,000 + \sum_{t=1}^{15} \frac{1260 - 1000}{(1 + 0,03)^t}$$

$$NPV_{mod} = -10\,000 + 3110$$

$$NPV_{mod} = -6890 \text{ €}$$

Tässä tarkastelussa esitetyt laskelmat osoittavat, että olemassa olevan ilmanvaihtokoneen modernisointi on sekä taloudellisesti että ympäristön kannalta perusteltu vaihtoehto verrattuna uuden laitteen hankintaan. Modernisointi vaatii pienemmän investoinnin ja tuottaa selvästi pienemmät elinkaarikustannukset ja hiilidioksidipäästöt. Vaikka kummankaan vaihtoehdon nettonykyarvo ei ole positiivinen pelkästään energiansäästön perusteella, modernisointi tukee kestävän kehityksen periaatteita ja tarjoaa järkevän ratkaisun korjausrakentamisen yhteydessä.

6 Johtopäätökset ja suositukset

Tässä luvussa esitetään LVI-tekniikan uusiokäytön mahdollisuuksista ja haasteista tehdyt johtopäätökset sekä annetaan suosituksia korjausrakentamisen ja energiatehokkuuden parantamisen tueksi. Johtopäätökset perustuvat aikaisempien lukujen teoreettisiin tarkasteluihin, analyttisiin laskelmiin sekä esimerkkitarkasteluun ilmanvaihtokoneen modernisoinnista verrattuna uuden hankintaan. Tarkastelun tavoitteena on ollut arvioida taloudellista kannattavuutta, ympäristövaikutuksia sekä teknisiä näkökohtia LVI-järjestelmien uusiokäytön yhteydessä.

6.1 Yhteenveto tutkimuksen löydöistä

Tutkimuksen perusteella LVI-tekniikan uusiokäyttö tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia kustannusten ja ympäristövaikutusten vähentämiseen korjausrakentamisen yhteydessä. Elinkaarikustannusten ja hiilijalanjäljen laskenta osoitti, että olemassa olevan järjestelmän modernisointi on taloudellisesti edullisempaa ja ympäristön kannalta kestävämpää kuin uuden järjestelmän hankinta. Vaikka energiansäästö ei yksin riitä tekemään investointia taloudellisesti täysin kannattavaksi, uusiokäyttö tukee kestävä kehityksen tavoitteita ja pidentää laitteiden käyttöikää huomattavasti. Analyysi vahvisti myös, että huolellinen kuntotutkimus, tekninen arviointi ja taloudellinen analyysi ovat välttämättömiä onnistuneen uusiokäyttöpäätöksen tueksi.

6.2 Suositukset käytännön toteutukselle

LVI-järjestelmien uusiokäyttöä harkittaessa suositellaan seuraavia käytännön toimenpiteitä:

- Suoritetaan perusteellinen kuntotutkimus ennen päätöstä uusiokäytöstä.
- Dokumentoidaan järjestelmien tekninen kunto ja mahdolliset korjaustarpeet.

- Hyödynnetään energiatehokkuuslaskelmia ja elinkaarikustannusanalyyskejä päätöksenteon tukena.
- Sovelletaan uusiokäyttöä erityisesti sellaisiin osiin, joissa tekninen elinkaari on vielä riittävä ja päivitys mahdollistaa järjestelmän tehokkaan ja turvallisen toiminnan.
- Varataan riittävästi resursseja osien kunnostukseen, säätöön ja mahdolliseen uudelleensijoittamiseen.
- Huolehditaan siitä, että uusiokäytetyt komponentit täyttävät voimassa olevat rakennusmääräykset ja turvallisuusvaatimukset.
- Tehdään uusiokäytöstä kirjallinen päätös, jossa vastuut ja takuut määritellään selkeästi sopimuksissa.

Näillä toimenpiteillä voidaan varmistaa, että LVI-tekniikan uusiokäyttö toteutetaan turvallisesti, energiatehokkaasti ja taloudellisesti kannattavasti korjausrakentamisen yhteydessä.

6.3 Jatkotutkimusaiheet

Tässä tutkimuksessa esitetyt tulokset perustuvat yksittäiseen esimerkkikohteeseen ja yleisiin laskentaoletuksiin. Käytetyt kustannus-, käyttöikä- ja energiansäästöarvot voivat vaihdella kohteesta riippuen, mikä vaikuttaa suoraan laskettuihin LCC- ja NPV-arvoihin. Lisäksi hiilijalanjäljen arvio perustuu keskimääräisiin päästökertoimiin, eikä se huomioi tarkkoja tuotantoketjun vaikutuksia tai kierrätysmateriaalin käyttöä.

Jatkotutkimuksessa olisi hyödyllistä

- toteuttaa laajempi empiirinen tutkimus useammasta modernisointikohteesta eri rakennustyypeissä.
- tutkia erityyppisten LVI-komponenttien (esim. lämpöpumput, ilmastointikoneet) uusiokäytön kannattavuutta erikseen.
- kehittää tarkempia menetelmiä ja malleja uusiokäytön ympäristövaikutusten arviointiin.

- selvittää, miten digitaalisten työkalujen (kuten rakennuksen digitaalinen kaksonen) avulla voidaan tehostaa uusiokäytön suunnittelua ja toteutusta.

Näiden jatkotutkimusaiheiden avulla voidaan syventää ymmärrystä LVI-tekniikan uusiokäytön mahdollisuuksista ja haasteista sekä tukea kiertotalouden ja kestäväen rakentamisen kehittymistä alalla.

Lähteet

Franssila, J. & Puhto, J. 2024. Kiertotalous korjausrakentamisessa, Case-HOAS. Tampereen yliopisto.

Järvenpää, T. 2022. LVI-tekniisten järjestelmien elinkaarikustannusten vertailu. Opinnäytetyö (YAMK). Rakennustekniikka. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 12.4.2025.
<https://www.theseus.fi/handle/10024/783795>

Kalliokoski, E. 2023. Automaatiojärjestelmien päivitettävyys ja etävalvonta nykyrakentamisessa. Opinnäytetyö (AMK). Energia- ja ympäristötekniikka. Joensuu: Hämeen ammattikorkeakoulu. Viitattu 10.5.2025.
<https://www.theseus.fi/handle/10024/793574>

Maanrakennuslaki 139/2022. Viitattu 10.1.2025. <https://finlex.fi/fi/hallituksen-esitykset/2022/139>

Motiva 2023. Korjaushankkeet ja energiatehokkuuden huomioiminen. Viitattu 10.1.2025.
https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/energiatehokas_taloyhtio/korjaushankkeet_ ja_ energiatehokkuuden_huomioiminen

Talotekniikan modernisointi – Automaatiojärjestelmien elinkaari ja päivitysratkaisut. Viitattu 10.5.2025. <https://granlund.fi/blogit/talotekniikan-modernisointi-automaatiojarjestelmat/>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 1047/2017. Viitattu 10.5.2025.
<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2017/1047>

Rakentamislaki 751/2023. Viitattu 15.2.2025.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2023/20230751>

Pulakka, S.; Heimonen, I.; Junnonen, J.-M. & Vuolle, M. 2007. Talotekniikan elinkaarikustannukset. Espoo: VTT.

Rakennustieto-opas: Korjausrakentamisen erityispiirteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 18-11188. 2018. Korjausrakentamisen erityispiirteet: Suunnittelu ja toteutus. Helsinki: Rakennustieto Oy

RT 80291. 2018. Urakoitsijan vastuu taloteknisissä järjestelmissä. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 103333. 2020. Talotekniikka korjausrakentamisessa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

SFS 5978. 2016. Rakennushankkeen osapuolten tehtävät ja vastuut. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Sitowise 2023. Rakennuksen digitaalinen kaksonen – Hyödyt talotekniikassa. Viitattu 10.5.2025. <https://www.sitowise.com/fi/artikkelit/digitaalinen-kaksonen>

TalotekniikkaRYL 2024/1. Talotekniikan yleiset laatuvaatimukset. LVI-järjestelmät. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Timonen L.; Suur-Uski P. & Gynther L. 2023. Energiatyöohjelman loppuraportti. Helsinki: Motiva.

Tolppi, P. 2021. Hiilijalanjälki- ja elinkaarikustannuslaskennan hyödyntäminen rakennuttamisessa. Diplomityö. Rakennustekniikka. Tampere: Tampereen yliopisto. <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/134031>

Tuominen, T.-L. 2021. Purkavan uudis- ja korjausrakentamisen elinkaaren aikaiset CO₂-päästöt toimistorakennuksessa. Diplomityö. Ympäristö- ja energiatekniikka. Tampere: Tampereen yliopisto. <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/134828>

Ympäristöministeriö 2020. Korjausrakentamisen strategia 2020–2030. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö 2021a. Rakentamisen kiertotalous. Viitattu 14.1.2025. <https://ym.fi/rakentamisen-kiertotalous>

Ympäristöministeriö 2021. Rakennustuotteiden kelpoisuuden osoittaminen. Viitattu 14.1.2025. <https://ym.fi/rakennustuotteiden-tyyppihyaksyntaasetukset>

Ympäristöministeriö 2023. Rakennusten energiatehokkuusstrategia vuoteen 2035. Helsinki: Ympäristöministeriö.