



Sampo Pelkonen

Materiaalihävikin minimointi talotekniikkaurakoinnissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka insinööri

Insinöörityö

24.10.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Sampo Pelkonen
Otsikko: Materiaalihävikin minimointi talotekniikkaurakoinnissa
Sivumäärä: 25 sivua
Aika: 24.10.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Talotekniikan insinööri
Ammatillinen pääaine: LVI-Urakointi
Ohjaajat: Toimitusjohtaja Mikko Nokelainen
Lehtori Timo Värinen

Insinöörityön aiheena oli materiaalihävikin minimointi talotekniikkaurakoinnissa. Tarkoituksena oli selvittää, miksi materiaalihävikkiä syntyy ja minkälaisilla keinoilla sitä voisi vähentää. Työssä käsiteltiin aihetta talotekniikkaurakoitsijan näkökulmasta.

Insinöörityössä tutkimusmenetelmänä olivat verkkolähteet sekä haastattelut. Artikkeleiden ja haastatteluiden avulla saatiin laaja kuva materiaalihävikin ongelmista sekä ratkaisuksista, joilla hävikkiä saadaan minimoitua. Haastateltavat olivat talotekniikka-alan ammattilaisia.

Tavoitteena oli selvittää syitä, jotka johtavat materiaalihävikkiin. Työ kokoaa yhteen keinoja materiaalihävikin hallitsemiseen ja minimoimiseen. Tärkeä tavoite oli myös selvittää, niin uusia, kuin jo keksittyjä keinoja materiaalihävikin minimoimiseksi. Insinöörityössä tuodaan käyttöön kattava listaus materiaalihävikin syistä ja keinoista, miten sitä voidaan hallita. Syiden ymmärtäminen ja minimointikeinojen käyttäminen tuo mahdollisuuden merkittäviin rahallisiin säästöihin.

Avainsanat: materiaalihävikki, talotekniikkaurakointi

Abstract

Author: Sampo Pelkonen
Title: Minimization of Material Waste in HVAC contracting
Number of Pages: 25 pages
Date: 24 October 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: HVAC Contracting
Supervisors: Mikko Nokelainen, CEO
Timo Värinen, Senior Lecturer

The final year project studied the minimization of material waste in HVAC contracting, focusing on why there is material waste and how it can be reduced. The aim was to provide a diverse understanding of the reasons leading to material waste, as well as to give information about the topic in order to minimize material waste by describing both new and already existing methods for minimizing material waste.

The thesis relied on online sources and interviews for information in order to get a broad understanding of the problems of material waste. The online sources consisted of articles and studies on material waste, and the interviewees were professionals in the field of HVAC.

The thesis resulted in a wide list of methods for significant financial savings by providing reasons for material waste and strategies for managing it.

Keywords: material wastage, HVAC-contracting

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tutkimusmenetelmät	2
3	Talotekniikka esittelyssä	2
3.1	LVI	3
3.2	Sähkö- ja automaatiojärjestelmät	4
4	Materiaalihävikki	4
4.1	Rakentamisen jätemäärät suomessa ja maailmalla	5
4.2	Materiaalihävikki ja materiaalitehokkuus	6
4.3	Materiaalihävikin vaikutukset ympäristölle	6
4.4	Materiaalihävikin vaikutukset taloudellisesta näkökulmasta	7
5	Syitä materiaalihävikin syntymiseen	7
5.1	Logistiikka	7
5.2	Materiaalin varastointi	8
5.3	Rakentamisprosessi	9
5.4	Suunnittelun vaikutus materiaalihävikkiin	10
5.5	Rakentamisen toteutuksen syyt materiaalihävikkiin	11
6	Haastateltavien lisäykset	12
6.1	Työnjohdon tehtävien laiminlyönti	12
6.2	Asentajien koulutus varastoinnissa	14
7	Ratkaisuja materiaalihävikin minimoimiseksi	14
7.1	Materiaalikatselemukset	14
7.2	Logistiikkakeskus	15
7.3	Määrälaskenta	16
7.4	Inventaariot	16
7.5	Tilausten ajoittaminen	17
7.6	Siirtojen määrä ja siirtokalusto	17
7.7	Materiaalien välivarastointiohjeiden noudattaminen ja suojaus	17

7.8 Työntekijöiden ohjeistaminen ja koulutus	18
7.9 Yhteistyö tukkuliikkeiden kanssa	18
8 Pohdinta	19
9 Yhteenveto	21
Lähteet	24

1 Johdanto

Rakentaminen tuotti Suomessa jätettä 13 054 tuhatta tonnia vuonna 2021. Tätä enemmän jätettä syntyy vain kaivos- ja louhintateollisuudessa. [1.] Insinööriyön aiheena on tutkia sitä, miksi rakennusalalla syntyy niin paljon jätettä ja etenkin materiaalihävikkiä. Työn tavoitteena on esittää ratkaisuja materiaalihävikin ja hävikin aiheuttamien kustannusten minimointiin talotekniikkaurakoitsijan näkökulmasta. Kun materiaalihävikki on minimissä, on päästy niin sanottuun materiaalitehokkuuteen.

Työssä havainnoidaan materiaalihävikin syntymisen perimmäisiä syitä lähteiden, haastatteluiden sekä omien kokemusten pohjalta. Haastateltavina toimivat talotekniikka-alan ammattilaiset. Verkkolähteiden ja haastatteluiden avulla päästään kiinni erilaisiin näkökulmiin, mikä parantaa työn luotettavuutta.

Tilaajayrityksenä toimii LVI-Urakointi Paavola Oy, joka on vuonna 2001 perustettu kokonaisvaltaiseen LVIJ- sekä rakennusurakointiin erikoistunut yritys, jonka päätoimialueena on pääkaupunkiseutu. Yhtiö on osa kansainvälistä Instalco-konsernia, joka työllistää n. 5000 työntekijää. Instalcolla on 120 tytäryritystä Suomen lisäksi Ruotsissa ja Norjassa. [2.] Idea insinööriyön tekemiseen syntyi tekijän todettua materiaalihävikin aiheuttavan merkittäviä kuluja tilaajayritykselle.

Insinööriyön tavoitteena on selvittää erilaisia syitä materiaalihävikin syntymiseen talotekniikkaurakoinnissa. Tavoitteena on esitellä sekä aiemmin keksittyjä että uusia ratkaisuja materiaalihävikin minimoimiseksi. Näiden ratkaisujen avulla lukija ja tilaajayritys pääsee mahdollisesti merkittäviin rahallisiin säästöihin. Lisäksi tavoitteena on herättää pohtimaan sitä, miten materiaalihävikki vaikuttaa talotekniikkayritysten kannattavuuteen sekä ympäristöön.

2 Tutkimusmenetelmät

Insinööriyössä käytetään tutkimusmenetelmänä sisällönanalyysiä. Työssä hyödynnetään lähteitä, joissa käsitellään materiaalihävikin määritelmää, hävikin syitä sekä keinoja sen vähentämiseksi. Lisäksi haastatellaan talotekniikka- ja rakennusalan ammattilaisia. Alan ammattilaisilta saadaan erilaisia näkökulmia, jotka tuovat insinööriyöhön luotettavuutta.

Haastateltaville esitetään kaksi pääkysymystä, jotka liittyvät materiaalihävikkiin talotekniikkaurakoinnissa. Esitetyt kysymykset ovat seuraavat:

- Mitkä ovat materiaalihävikin pääsyyt talotekniikkaurakoinnissa?
- Millä keinoin materiaalihävikkiä voitaisiin ehkäistä?

Vastauksien avulla päästään kiinni erilaisiin näkemyksiin materiaalihävikin perimmäisistä syistä sekä keinoista hävikin vähentämiseksi.

3 Talotekniikka

Talotekniikalla tarkoitetaan kiinteistön teknisten järjestelmien laitteiden kokonaisuutta. Siihen kuuluvat LVI (lämpö, vesi ja ilmanvaihto), sähköjärjestelmät, rakennusautomaatiojärjestelmät sekä datajärjestelmät. Talotekniikka tuottaa kiinteistölle halutut ja hallitut olosuhteet. Talotekniset järjestelmät vaikuttavat kiinteistön energiatehokkuuteen, terveellisyyteen ja yleiseen toimivuuteen muita rakentamisen toimialoja enemmän. [3.]

Talotekniikkaurakoinnilla tarkoitetaan kyseisten järjestelmien toteuttamista erilaisissa kohteissa, kuten asuinkerrostaloissa, kouluissa tai toimistorakennuksissa. Talotekniikkaurakoitsijalla tarkoitetaan työn toteuttajatahoa. Toteuttajataho tekee fyysiset talotekniikka-asennukset. [3.]

3.1 LVI

Kuvassa 1 nähdään Metropolia Ammattikorkeakoulun Myllypuron kampuksen lämmönjakohuone. Lämmönjakohuone sisältää paljon LVI-, sähkö-, ja automaatiojärjestelmiä. LVI-termi sisältää lukuisia järjestelmiä ja ratkaisuja kiinteistön toimivuuden parantamiseksi. Rakennettavissa kiinteistöissä on oltava toimiva lämmitys-, ilmanvaihto- sekä vesi- ja viemärijärjestelmä. Edellä mainitut järjestelmät ovat kaikista yleisempiä, mutta etenkin toimitilarakentamisessa toteutetaan mukavuuden takia myös kattavia jäähdytysjärjestelmiä. [3.]



Kuva 1. Metropolian Myllypuron kampuksen lämmönjakohuone.

Kaikille järjestelmille on olemassa lukuisia erilaisia ratkaisuja. Esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmänä voi kiinteistössä tai rakennuksessa olla koneellinen- tai painovoimainen ilmanvaihto. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu pääasiassa rakennuksen sisä- ja ulkoilman lämpötilaeron vaikutuksesta syntyvään hormivaihtukseen. Perusperiaate on se, että kylmä ilma laskeutuu alaspäin ja lämmin ylöspäin. [4.]

Koneellinen ilmanvaihto jakautuu kahteen eri luokkaan, jotka ovat koneellinen poistoilmanvaihto sekä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa poistoilma johdetaan puhaltimilla poistoilmaventtiileiden kautta pois kiinteistöstä ja raitisilma tuodaan korvausilmareittien kautta. Koneellisessa tulo- ja poistoilmassa ilmaa johdetaan sekä poistetaan puhaltimien avulla poisto- ja tuloventtiileiden kautta kiinteistöön ja sieltä pois. [5.]

3.2 Sähkö- ja automaatiojärjestelmät

Sähköjärjestelmiin kuuluu esimerkiksi kaapelointi, sähkön pääjakelujärjestelmä, sähkölämmitysjärjestelmä, sähkön liitäntäjärjestelmä, ukkos- ja ylijännitesuojaus, valaistus sekä tietoliikenneverkko. Näillä elementeillä kiinteistöön saadaan toimiva ja nykyaikainen sähköverkko. [6.]

Rakennusautomaatiolla voidaan parantaa esimerkiksi rakennuksen turvallisuutta, sisäilman laatua sekä energiatehokkuutta. Automaatiojärjestelmillä voidaan ohjata kiinteistön laitteita lähes rajattomin mahdollisuuksin. Esimerkkinä tästä on valaistuksen- ja ilmanvaihdon ohjaus. Ilmanvaihtoa voidaan ohjata esimerkiksi kosteuden tai hiilidioksidipitoisuuksien mukaan. Huoneen käyttäjämäärän kasvaessa ilman hiilidioksidipitoisuus kasvaa ja sen seurauksena ilmanvaihdon ilmavirtausta tehostetaan. Valaistus taas voidaan ohjata esimerkiksi toimistorakennuksissa sammumaan toimistoaikojen ulkopuolella. Rakennusautomaatiolla on tärkeä rooli etenkin ympäristövaikutusten ja energiatehokkuuden kannalta. [7.]

4 Materiaalihävikki

Materiaalihävikki tarkoittaa materiaalia, jota jostakin syystä ei pystytä käyttämään siihen tuotannon vaiheeseen, johon se on tarkoitettu. Materiaalihävikin vähentämisen taustana on nouseva huoli luonnonvarojen riittävydestä. Uusitutvat luonnonvarat ovat rajallisia, ja mikäli materiaalia menee entiseen malliin

hukkaan, uhkaavat ne loppua. Ongelmana on myös kasvava tuotannon tarve. Kun tuotanto kasvaa, myös ilmansaasteet ja niiden seurauksena ympäristöhaitat lisääntyvät. Ongelmaksi muodostuu myös yritysten kannattavuus. Jos materiaalia menee hukkaan paljon, ei yrityksen liiketoiminta ole kannattavaa tai ainakaan niin tuottavaa, kun se voisi olla. [8]

Materiaalihävikin vähentäminen ja sen myötä materiaalitehokkuus tuottaa merkittäviä säästöjä yrityksille sekä julkiselle sektorille. Materiaalien valinnassa pitää ottaa huomioon myös materiaalien kierrätettävyys ja mahdollisuus uusiokäyttöön. Uusiokäytön ja kierrätyksen johdosta materiaali ei mene lopullisesti hukkaan. [8.]

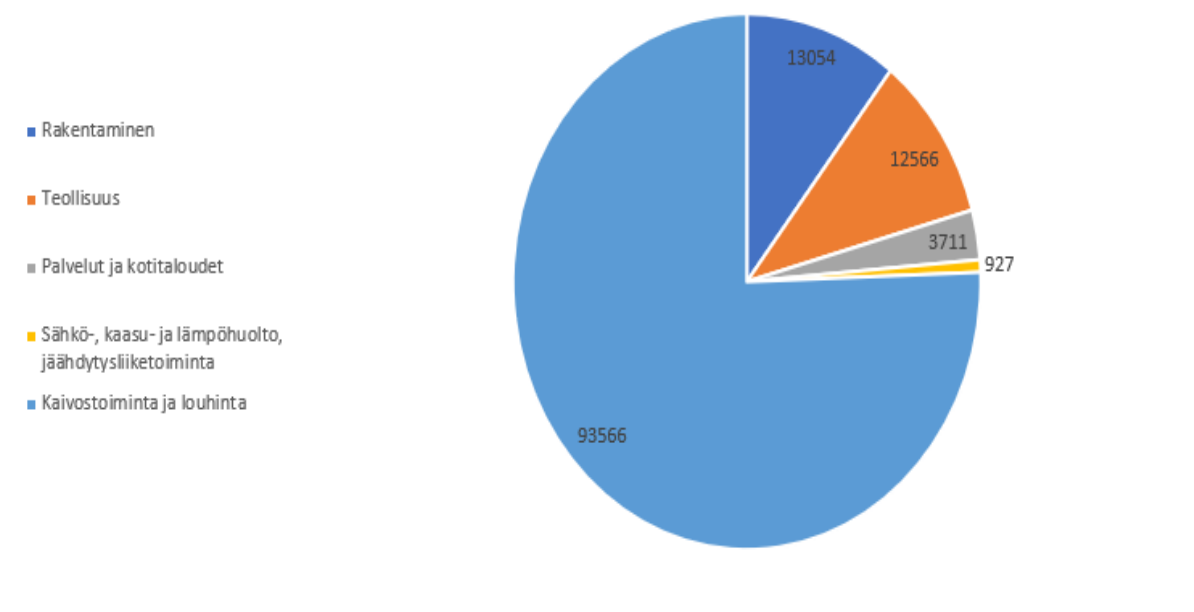
Materiaalihävikin aiheuttamat ongelmat eivät rajoitu vain yksittäisiin rakennusprojekteihin. Ongelmilla on laajempia yhteiskunnallisia seurauksia, etenkin kun otetaan huomioon se, kuinka paljon rakennusalan osuus on globaalista materiaalin tuotannosta, logistiikasta ja energiankulutuksesta. Siksi jokaisen yrityksen pitäisi lähteä talkoisiin materiaalihävikin vähentämiseksi sekä edistää kestävästä rakentamisesta. [8.]

4.1 Rakentamisen jätemäärät Suomessa ja maailmalla

Kuvasta 2 nähdään, että rakentamisen jätemäärä pelkästään Suomessa on vuonna 2021 ollut 13 054 miljoonaa tonnia. Enemmän jätettä syntyy vain kaivostoiminnassa ja louhinnassa. Luku on todella suuri, sillä esimerkiksi palvelut ja kotitaloudet tuottavat jätettä selvästi vähemmän eli 3711 miljoonaa tonnia vuodessa. Teollisuus- ja rakentamisjätteen määrät kasvoivat 5 % vuodesta 2020. [1.]

Koko maailman osalta ei ole saatavilla tarkkoja jätetilastoja, mutta lähteen mukaan n. 30 % maailman jätteistä syntyy rakennusosalalla. Huolestuttavana voidaan pitää sitä, että rakennusosalalta tulee myös 35 % maailman kasvihuonepäästöistä. Maapallon uusiutuvista luonnonvaroista 50 % käytetään rakennusosalalla. Tilastot kuvaavat hyvin, miten massiivisesta ongelmasta on kyse. [9.]

Jätteiden kertymät sektoreittain vuonna 2021, miljoonaa tonnia vuodessa
(Lähde: Tilastokeskus, Jätetilasto)



Kuva 2. Jätteiden kertymät Suomessa sektoreittain vuonna 2021 [1].

4.2 Materiaalihävikki ja materiaalitehokkuus

Materiaalihävikkiä voi olla mikä tahansa työmaalla käytettävä materiaali. Materiaalihävikkiä tulee jokaisessa tuotannon vaiheessa. Materiaalia menee hukkaan esimerkiksi tavarantoimittajilla, jälleenmyyjillä sekä lopullisella käyttäjällä, kuten tuotteen asentavalla urakoitsijalla. [19.]

Materiaalihävikin minimointi johtaa käytännössä suoraan materiaalitehokkuuteen. Materiaalitehokkuus tarkoittaa kilpailukykyisten palveluiden ja tuotteiden aikaansaamista mahdollisimman vähällä materiaalilla. Tässä tilanteessa materiaalin haitalliset vaikutukset vähenevät sen elinkaaren aikana. [8.]

4.3 Materiaalihävikin vaikutukset ympäristölle

Materiaalihävikki vaikuttaa ympäristöön negatiivisesti lukuisilla eri tavoilla. Materiaalin tarpeeton tuhlaaminen johtaa luonnonvarojen tuhlaamiseen.

Materiaalituotanto aiheuttaa merkittävän määrän ilmastolle haitallisia saasteita tuotannon, kuljetuksen ja hävittämisen seurauksena. Hävikin kasvaessa kasvaa myös riski siitä, että materiaalia ei kierrätetä oikein. Osa hukkaan heitetystä materiaalista ei voida myöskään uusiokäyttää tehokkaasti. [8.]

4.4 Materiaalihävikin vaikutukset taloudellisesta näkökulmasta

Materiaalihävikki aiheuttaa talotekniikkayrityksille tarpeettomia kustannuksia. Kun tiettyä materiaalia ei jostakin syystä voidakaan käyttää siihen, mihin se oli tarkoitettu, joudutaan siihen yleensä hankkimaan uusi sopivampi materiaali. Uuden materiaalin hankinta sekä vanhan materiaalin lajittelu tuottavat kustannuksia, jotka olisi voitu välttää. Yrityksen kannattavuus kärsii, kun materiaalia menee hukkaan. Jätteiden käsittely ja hävittäminen on myös iso kustannus. [8.]

5 Syitä materiaalihävikin syntymiseen

Materiaalihävikin hallitsemiseksi on ymmärrettävä syitä, jotka johtavat hävikin syntymiseen. Tässä luvussa käsitellään sitä, mitkä asiat aiheuttavat materiaalihävikkiä.

5.1 Logistiikka

Kun tuote tai materiaali lähtee toimittajalta, kuljetetaan se yleensä rekalla, kuorma-autolla tai pakettiautolla kohteeseen. Jos materiaalit on pakattu väärin tai huolimattomasti ne voivat rikkoutua jo matkalla kohteeseen. Lastauksella on myös tärkeä vaikutus tuotteiden pysymiseen vahingoittumattomina. Jos tuotteet lastataan huonosti, voivat ne rikkoutua matkan varrella esimerkiksi osuessaan toisiinsa. Tuotteiden oikeanlaisella lastauksella saadaan myös mahtumaan enemmän tavaraa samaan kuljetukseen, mikä säästää luontoa. [10.]

Logistiikkaan liittyy myös materiaalien purku kohteessa. Materiaalin purkuun vaikuttaa yleensä kaksi tekijää, jotka ovat tavarán vastaanottaja sekä kuljettaja. Materiaalit pitää nostaa autosta oikeanlaisilla välineillä riippuen materiaalista.

Välineitä voivat olla esimerkiksi nosturi, trukki tai pumppukärryt. Jos materiaalit nostetaan suoraan auton kyydistä nosturilla, pitää sekä kuljettajalla, että tavarantoimittajalla olla ammattitaitoa kuorman oikeanlaiseen purkamiseen. Materiaalit voivat helposti rikkoutua, jos kuorma on esimerkiksi sidottu väärin ja materiaalit pääsevät putoamaan. Oikeanlaisia nostoja pystytään varmistamaan esimerkiksi tarkoilla nostosuunnitelmillä. [10.]

5.2 Materiaalin varastointi

Työntekijöiden riittämätön koulutus ja puutteellinen tietämys materiaalien ominaisuuksista voivat johtaa siihen, että materiaalit muuttuvat käyttökelvottomiksi varastoinnin aikana. Jos materiaaleja varastoidaan ulkona sään armoilla, voivat ne vahingoittua, vaikka ne olisi käytännössä varastoitu oikein. Kovat tuulet voivat viedä kevyempiä materiaaleja mukanaan, puhumattakaan siitä, että sääolosuhteiden mukaan materiaalit voivat altistua esimerkiksi tuulelle, kosteudelle ja liialliselle auringonpaisteelle. [10.]

Myös sisällä varastoitaessa olosuhteet voivat olla huonot. Kaikille materiaaleille on omat optimaaliset varastointiolosuhteet, ja ammattilaisen tulisi olosuhteet tietää, jotta vältetään turhilta vaurioitumisilta. Sisällä vaikuttavia olosuhteita ovat esimerkiksi lämpötila, kosteus ja valaistus. Varastoinnin sijainnilla on myös merkitys materiaalin säilyvyyteen. Jos varastot ovat asentajien työskentelyalueilla, materiaali voi helposti rikkoutua vahingossakin. [10.]

Varkaudet ovat myös iso ongelma materiaaleille sekä työkaluille. Materiaalit on pyrittävä varastoimaan lukitussa tilassa. Lukitun tilan lisäksi valvontakamerat ovat myös hyvä ehkäisykeino varkauksille. [11.]

Kuvassa 3 nähdään varastettujen työkalujen määrä Suomen työmailta vuosittain. Tilasto ei kerro koko totuutta varastettujen työkalujen määrästä, koska ei voida olettaa, että jokaisesta varkauksesta ilmoitetaan poliisille tai vakuutusyhtiölle. Tosiasiassa määrä on paljon suurempi kuin tilastot osoittava. Työmaalta

varastetaan työkoneiden ja työkalujen lisäksi myös rakennusmateriaaleja, esimerkiksi kuparia. [11.]



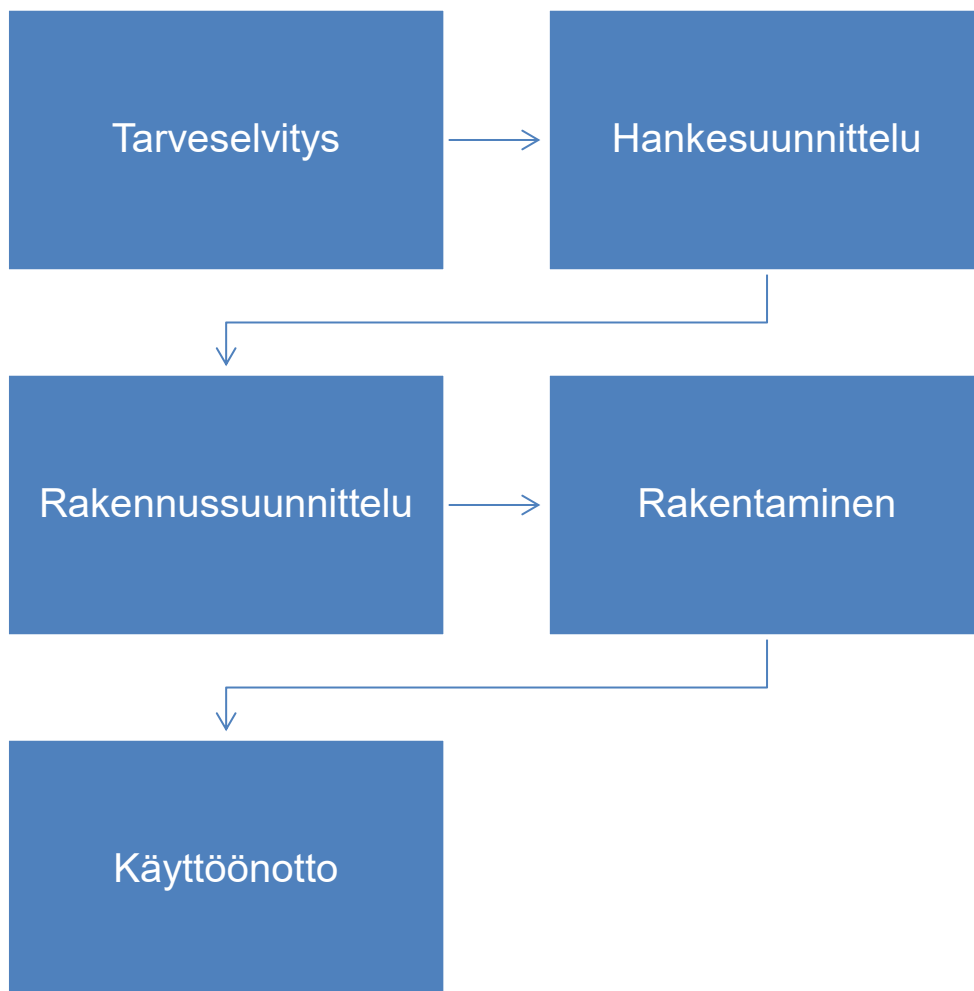
Kuva 3. Varastetut työkoneet ja työkalut vuosina 2012–2021 [11].

5.3 Rakentamisprosessi

Suurin materiaalihävikin aiheuttaja on rakentamisprosessi. Rakentamisprosessi koostuu tarveselvityksestä, hankesuunnittelusta, rakennussuunnittelusta, rakentamisesta sekä käyttöönotosta. Kuvassa 4 nähdään rakentamisprosessin eteneminen kronologisessa järjestyksessä. Osaa näistä tehdään myös päällekkäin, eri rakennusvaiheissa. Jotta ymmärretään materiaalihävikin muodostumista eri vaiheissa, on hyvä esitellä rakennusprosessin eri vaiheet ja niiden sisällöt lyhyesti. [12.]

Tarveselvityksessä pohditaan tarve uuden rakennuksen rakentamiselle tai jo olemassa olevan rakennuksen kunnostamiselle. Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään kaikki hankkeeseen vaikuttavat tekijät ja tavoitteet. Näiden jälkeen päästään rakennussuunnitteluvaiheeseen, jossa suunnitellaan hankkeen tekniset asiakirjat ja toteutus. Suunnittelijat piirtävät rakennekuvat, arkkitehtikuvat ja

talotekniikkaan liittyvät kuvat, jotka antavat edellytykset toteutusvaiheelle eli rakentamiselle. Rakentamisvaiheen jälkeen on rakennuksen käyttöönotto, jonka jälkeen siirrytään takuu-aikaan. [12.]



Kuva 4. Rakentamisprosessin työvaiheet [12].

5.4 Suunnittelun vaikutus materiaalihävikkiin

Suunnitteluvaihe on tärkeä materiaalihävikin minimoinnin kannalta. Tarkka suunnittelutyö ja yhteistyö toteuttajan kanssa johtavat parempaan lopputulokseen. Kokemattomat suunnittelijat valitsevat rakentamisvaiheeseen käytettäväksi tuotteita, jotka eivät ole käyttötarkoitukseen sopivia. Usein urakoitsija tilaa materiaaleja laskennan perusteella, jonka jälkeen huomataan, että tuote onkin käyttökelvoton. Myös suunnittelijoiden kattava yhteydenpito tilaajaosapuolen

kanssa minimoi riskejä viime hetken tuotevaihtoihin. Viimehetken asiakasvaatimukset ovat iso syy siihen, miksi materiaalihävikkiä syntyy. [13.]

Suunnittelupuolella on myös iso vaikutus esimerkiksi putkistojen reittivalintoihin. Olisi tärkeää, että suunniteltaisiin tarkasti helpoimmat ja asianmukaisimmat reitit. Urakoitsijat tilaavat tavaraa suunnitelmien mukaan, mutta asennusvaiheessa huomataan, että helpompikin reitti on. Tässä tapauksessa materiaalia jää yli eikä sitä välttämättä pystytä käyttämään mihinkään. [13.]

Useimmissa kohteissa ennen isojen koneiden tai laitteiden tilauksia urakoitsija hyväksyttää käytettävät tuotteet suunnittelijalla, jotta se varmasti on oikeanlainen kyseiseen työvaiheeseen. Tämä vaatii tarkkuutta suunnittelijalta, ja hyväksytysvaiheeseen pitää suhtautua vakavasti, jotta loppujen lopuksi kalliit ja isot materiaalmäärät eivät olisikaan käyttökelpoisia. [13.]

5.5 Rakentamisen aikaiset syyt materiaalihävikkiin

Materiaalin tuhlaaminen rakennusvaiheessa on suurin syy materiaalihävikin muodostumiseen. Moni asia työntekijöiden ammattitaidossa johtaa huonoon materiaalitehokkuuteen. Asentajat, joilla ei ole kokemusta asennustyöstä, eivät osaa käyttää materiaalia tehokkaasti. Esimerkiksi jos kolmimetrinen kanava lyhennetään 2,5-metriseksi, saatetaan yli jäävä puolen metrin mittainen kanava heittää roskalavalle, vaikka sille saattaisi olla tarvetta myöhemmässä rakennusvaiheessa. Yhtä lailla työnjohdolla, kuin asentajilla on tärkeä rooli hävikin määrän kasvuun. Työnjohtajan piittaamattomuus materiaalin hallinnasta ja asentajien oikeaoppisesta johtamisesta johtaa usein kasvaneisiin hävikkimääriin. [10.]

Kun asennukset tehdään väärin, joudutaan ne korjaamaan. Virheen laajuudesta riippuen menee korjaustoimenpiteissä väistämättä osa käytetystä materiaalista hukkaan. Työvaihejärjestykset menevät etenkin kiireessä sekaisin. Väärässä järjestyksessä tehtyjen työvaiheiden takia joudutaan jo asennettua materiaalia usein purkamaan. Talotekniikkaurakoinnissa purettuja materiaaleja on haastava käyttää ennen uudelleenjalostamista. [10.]

Asentajien kuljettaessa työmaalla herkkiä materiaaleja väärällä tavalla työpisteeltä toiselle vaurioituvat ne helposti. Myös työntekijöiden välinpitämättömyys materiaalihävikistä aiheuttaa hukkaa. Lisäksi putki- ja sähköurakoinnissa käytettävä kupari on suuri houkutus työntekijöille suuren jälleenmyyntiarvon takia.

[10.]

Työmailla varastointitilat ovat usein liian pieniä materiaalin määrään nähden. Varastointitilojen täyttyessä aletaan käyttökelpoista materiaalia heittämään roskiin, jotta saadaan uutta tilalle. Lisäksi kun työmaalla varastoidaan tavaroita väärissä paikoissa, siivotaan ne sieltä usein liian helposti pois roskalavalle eli materiaalihävikiksi. Työmaalla toimii useita urakoitsijoita, ja jos toisen urakoitsijan materiaalit ovat asennusvaiheen tiellä, heitetään ne siinäkin tapauksessa helposti roskalavalle. [13.]

Voidaan todeta, että kaikilla vaiheilla rakennusprosessissa on suuri merkitys. Logistiikan, varastoinnin, asennuksen ja työnjohdon vääränlaisella toteuttamisella saadaan aikaan suurin osa materiaalihävikistä. Työnjohdolla on tärkeä rooli kaikkien näiden vaiheiden hallinnassa.

6 Haastattelut

Haastateltavilta kysyttiin kaksi kysymystä, jonka jälkeen sana oli vapaa. Haastateltavien vastauksissa on paljon samaa kuin lähteissä, mutta vastauksissa tuli ilmi myös muutamia tekijöitä, joita ei lähteissä mainittu. Kun verrataan haastateltavien vastauksia, oli niissä myös paljon yhtäläisyyksiä keskenään. Insinööri-työssä haastateltiin neljää talotekniikka- ja rakennusalan ammattilaista. Tässä luvussa käydään läpi haastatteluista esiin nousseita näkökulmia.

6.1 Työnjohdon tehtävien laiminlyönti

Talotekniikkaurakoinnissa käytetään usein tapaa, jossa asentajat kirjoittavat materiaalilistan ja työnjohtajat tilaavat materiaalit. Etenkin isoilla työmailla asentajilla ei ole yleensä tarpeeksi aikaa sen tarkistamiseen, onko tilattavaa

materiaalia valmiina. Tällä tavalla tulee helposti tilattua tavarat moneen kertaan, minkä seurauksena työmaan lopuksi yli jääneitä tarvikkeita löytyykin merkittäviä määriä. [14.]

Urakkalaskentavaiheessa kaikki työmaan materiaalit kerätään, jotta urakalle saadaan annettua hinta. Kaikki pohjapiirustusten, selostusten ja erikoispiirustusten materiaalit kerätään esimerkiksi Exceliin. Osa työnjohtajista käyttää tapaa, jossa he tilaavat melkein kaikki materiaalit urakkalaskentavaiheen materiaali-luettelon mukaan. Kyseisessä toimintatavassa on suuri riski isoihin materiaali-hävikkimääriin seuraavista syistä:

- Materiaalit usein muuttuvat hankkeen mennessä eteenpäin. Materiaalien muutokset johtuvat esimerkiksi asiakkaan toimesta tai siitä, että suunnittelija on suunnitellut epäsopivan tuotteen.
- Jokaisella urakkalaskijalla on oma tapansa kerätä materiaalit. Laskentavaiheessa voidaan ottaa varalle vähän ylimääräistä materiaalia. Laskentavaiheessa voi tulla myös isoja virheitä inhimillisistä syistä.
- Kun iso määrä materiaalia saapuu työmaalle samaan aikaan, on siinä iso riski materiaalin vaurioitumiselle tai häviämislle. [14.]

Yllä olevien esimerkkien takia materiaalin tilausta laskentavaiheen materiaali-luetteloiden mukaan olisi syytä välttää. [14.]

Urakkalaskentavaiheessa isoihin laitteisiin ja hankintoihin annetaan yleensä jokin tyyppi hankittavalle tuotteelle tai ainakin esimerkki siitä, mitä laitetta voidaan käyttää. Työselostuksessa annetaan usein kuitenkin mahdollisuus urakoitsijalle vaihtaa laitteet vastaavanlaisiin. Vastaavanlaisella tarkoitetaan sitä, että tuote on teknisiltä arvoiltaan sama. Tässä prosessissa työnjohtajalla ja suunnittelijalla on iso rooli tarkistaa tuotteen aito soveltuvuus kohteeseen. Jos tuotteen hyväksyntä tehdään hätiköidysti, voidaan pahimmassa tapauksessa huomata, että tuote ei olekaan sopiva. Usein työmaalle teetetään laitteita juuri oikeiden mittojen mukaan. Jos laite on teetetty työmaan mittojen mukaan, tulee siitä silloin yleensä automaattisesti käyttökelpoton. [14.]

6.2 Asentajien koulutus varastoinnissa

Kirjallisuuslähteiden perusteella voidaan todeta, että materiaalin varastoinnilla on tärkeä rooli materiaalihävikin välttämiseksi. Asentajia harvoin koulutetaan oikeaoppiseen materiaalin varastointiin. Koulutuksen puutteen takia materiaali varastoidaan väärin olosuhteisiin ja väärin paikkoihin. Materiaaleilla on useita erilaisia varastointiohjeita, jotka pitäisi tuoda asentajien tietoisuuteen, jotta välttäisiin materiaalivahingoilta. Materiaalin varastoinnin suhteen suurimpia riskitekijöitä ovat varastointi ulkona sään armoilla sekä sisätiloissa säilyttäminen liian kosteissa tiloissa. [15.]

Työmailla usein nähdään, että materiaalia säilytetään myös paljon muualla kuin niille tarkoitetuissa varastoissa. Hallitsemattoman varastoinnin seurauksena materiaalit voivat mennä rikki muiden urakoitsijoiden toimesta. Hallitsematon varastointi johtaa myös siihen, että ei tiedetä, missä materiaalit ovat, minkä takia sitä tilataan lisää. Tämä on suuri ongelma etenkin hankkeen ollessa loppusuoralla. Hallitsemattomasti tilattua tavaraa ei saada enää käytettyä loppuun, jolloin muodostuu materiaalihävikkiä. [15.]

7 Ratkaisuja materiaalihävikin minimoimiseksi

Ratkaisuja materiaalihävikin minimoimiseen on kehitetty, mutta enemmänkin on tehtävissä. Kaikki esiteltävät ratkaisut eivät ole suoraan soveltuvia jokaiselle yritykselle, mutta ratkaisut ovat räätälöitävissä eri yritysten tarpeisiin. insinöörityössä kaikkien keinojen tueksi ei ole esittänyt tilastoja.

7.1 Materiaalikatselmukset

Materiaalitehokkuuden parantaminen tuo yrityksille merkittäviä säästöjä sekä pienentää ympäristökuormitusta. Materiaalikatselmus on käytännön työkalu, joka tehostaa yrityksen toimintaa ja auttaa hallitsemaan materiaalivirtoja. Materiaalikatselmuksella tunnistetaan yrityksen tuotantoprosessien vaiheet, joissa pystytään tehdä parannusta. Materiaalikatselmuksessa tunnistetaan vaiheet,

jossa voidaan vähentää materiaalin käyttöä, jätteen määrää sekä ympäristöhaittoja. [16.]

Materiaalikatselmuksia tarjoaa siihen koulutettu toimija, ja katselmus tuottaa konkreettisia toimenpide-ehdotuksia siitä, mistä voitaisiin säästää. Ehdotettujen toimenpiteiden tueksi arvioidaan konkreettiset hyödyt, joita materiaalikatselmuksen avulla saadaan aikaiseksi. Materiaalikatselmus on kehitetty Motivan, kohdeyritysten sekä konsulttien yhteistyönä. Materiaalikatselmuksella saavutettavat hyödyt ovat seuraavat:

- säästöt raaka-aineissa
- säästöt jätemaksuissa
- energia- ja työkustannukset
- kilpailukyvyyn paraneminen
- luonnonvarojen säästäminen
- ympäristökuormituksen väheneminen
- imagon paraneminen ympäristöasioissa [16].

7.2 Logistiikkakeskus

Isoilla yrityksillä materiaalihävikkiä voidaan hallita logistiikkakeskuksen avulla. Fira Oy on vuoden ajan kokeillut logistiikkakeskusta työn nopeuttamiseksi ja materiaalihävikin minimoimiseksi. Logistiikkakeskus on vähentänyt putkiremontityömaiden materiaalihävikkiä noin kolmanneksen. Mikäli logistiikkakeskuksesta lähetettyjä materiaaleja jää työmaalla yli, viedään ne takaisin keskuksen, josta ne voidaan siirtää eteenpäin seuraavalle työmaalle. Materiaalia ei siis heitetä turhaan hukkaan. [17.]

Yritys tilaa kaikki rakennustyömailla tarvitsemansa materiaalin logistiikkakeskukseen, josta tavaraa lähetetään työmaille tavaraa hallitusti. Työmaiden ongelmana on varastointi esimerkiksi vaikeissa sääoloissa. Logistiikkakeskuksen avulla materiaalihävikkiä ei tule siitä syystä, että materiaalia olisi varastoitu väärin huonoissa sääoloissa. Fira pyrkii myös tekemään logistiikkakeskuksessa

esivalmistelu töitä esimerkiksi leikkaamalla materiaaleja valmiiksi oikeaan mitaan. [17.]

7.3 Määrälaskenta

Iso osa materiaalihävikistä tulee yksinkertaisesti väärinlasketuista materiaalmääristä. Materiaaleja ei kannata tilata suoraan urakkalaskennan massaluettelosta. Kerrostalojen rakennustuotannossa olisi talotekniikkaurakoitsijan hyvä tilata materiaalit esimerkiksi kerros kerrallaan. Työnjohtajan ja asentajan kannattaa yhdessä kerätä kerroksen materiaalit ja miettiä jo valmiiksi, kuinka asennukset toteutetaan. [18.]

Suunnitelluista pohjakuvista näkee pääpiirteittäin toteutustavan, mutta hyvin usein asennuksia ei voi toteuttaa täsmälleen suunnitelmien mukaan. Työnjohto ja asentajat pystyvät yhteisellä määrälaskennalla vähentämään materiaalihävikkiä huomattavasti. Määrälaskenta pitää tehdä tarkasti eikä ylimääräisiä varamateriaaleja ole syytä ottaa. Tilauksia voi tehdä halutessaan joka päivä, joten mielellään tilataan materiaaleja liian vähän kuin liian paljon. [18.]

7.4 Inventaariot

Talotekniikkaurakoinnissa on lähes poikkeuksetta kiire. Kiireestä huolimatta työmaalla pitäisi olla aikaa tehdä materiaaleille inventaario esimerkiksi kerran viikossa. Jokaisella työmaalla talotekniikkaurakoitsijalla on oltava tarpeeksi suuri varasto, jossa tavaroita voi säilyttää organisoidusti. Suurilla työmailla tavaraa kulkeutuu asennuspisteille holtittomasti, ja silloin materiaalia on vaikea hallita. [18]

Kerran viikossa tehtävä inventaario ehkäisee materiaalin liikatilaamista merkittävästi. Työnjohtaja ja asentajat sopivat ajan, jolloin keräävät työmaalla olevat materiaalit yhteen ja lajittelevat ne tarkasti. Myös asennuspisteille kannetut tarvikkeet tuodaan takaisin varastoon ja lajitellaan. Inventaarion tehtävänä on

saada kaikille tieto siitä, mitä materiaaleja työmaalla jo on ja mitä tarvitaan. Materiaalimäärien ollessa hallinnassa materiaalihävikki vähenee. [18.]

7.5 Tilausten ajoittaminen

Tilaukset työmaalle on tehtävä oikea-aikaisesti. Materiaalien tilaus ja niiden asentaminen on edettävä samassa tahdissa. Kun materiaalit tilataan ja asennetaan samassa tahdissa, vältetään turhalta välivarastoinnilta. Oikeanaikaisella materiaalin tilaamisella on myös helpompi reagoida suunnitelmamuutoksiin. Suunnitelmien muuttuessa materiaalmäärät voivat muuttua paljonkin, ja jos materiaalit on tilattu ennakkoon, ei pystytä enää reagoimaan. Tämän seurauksena vanhojen suunnitelmien mukaan tilatuista materiaaleista tulee materiaalihävikkiä. [19.]

7.6 Siirtojen määrä ja siirtokalusto

Materiaalin siirrot pitää suunnitella jo ennen tilausta. Saapuvat materiaalit kannattaa kuljettaa suoraan asennuspaikalle, jotta vältetään turhilta siirroilta. Materiaalien siirtoon on käytettävä siihen soveltuvaa kalustoa, ja siirtojen aikana materiaalien on oltava alkuperäisissä pakkauksissaan. Edellä mainituilla keinoilla vältetään materiaalien rikkoutumista. [19.]

7.7 Materiaalien välivarastointiohjeiden noudattaminen ja suojaus

Materiaaleja joudutaan varastoimaan työmaalla siitä huolimatta, että välivarastointia yritetään välttää. On tärkeää selvittää tuotteiden toimittajilta varastointiohjeet niiden toimittamille materiaaleille. Toimittajat ovat ammattilaisia omien tuotteidensa varastoinnissa ja tietävät oikean tavan säilyttämiseen. Kun työmaan henkilöstöllä on ohjeet tiedossa, voidaan materiaaleja varastoida oikeissa olosuhteissa, pakkauksissa sekä paikoissa. [19.]

Materiaalit on tärkeä suojata varastointivaiheessa sääolosuhteilta asianmukaisesti. Materiaaleja pitää säilyttää kuormalavoilla tai muilla keinoin irti maasta,

jotta maassa oleva kosteus ei siirry materiaaliin. Materiaalit on muistettava suojata varastointiajan lisäksi myös silloin, kun ne on jo asennettu. [19.]

7.8 Työntekijöiden ohjeistaminen ja koulutus

Työntekijöitä pitää kouluttaa ja ohjata materiaalihävikin minimointiin. On tärkeää, että työntekijät hallitsevat oikeanlaiset työtavat materiaalihävikin minimoimiseksi. Koulutuksesta vastaa työnjohto, jonka tehtävänä on neuvoa ja ohjeistaa toimenpiteisiin, jotka takaavat paremman lopputuloksen. Yritykset voivat järjestää koulutuspäivän, johon osallistuvat sekä asentajat, että työnjohtajat. Kun keinoja materiaalihävikin minimoimiseksi käydään yhdessä läpi, jaetaan silloin jo olemassa olevaa tietoa sekä voidaan kehittää omia sisäisiä toimintatapoja ongelman ratkaisemiseksi. [19.]

7.9 Yhteistyö tukkuliikkeiden kanssa

Tukkuliikkeiden kanssa on mahdollista tehdä työmaakohtaisia sopimuksia materiaalihävikin helpottamiseksi. Tilan salliessa on mahdollista toimittaa työmaille merikontteja, jotka toimivat niin sanotusti ”työmaatukkuina”. Perustarvikkeiden ollessa näissä konteissa on helppo hallita työmaan materiaaleja. Materiaalit on lajiteltu tarkasti, ja jonkin tarvikkeen loppuessa on helppo tilata konttiin täydennystä. [20.]

Kontteja käytettäessä on tärkeää, että materiaalien pakkauksia ei avata, mikäli niitä ei olla aikeissa käyttää. Käyttökelpoiset materiaalit oikein pakattuina on mahdollista palauttaa kontissa takaisin sen toimittaneelle tukkuliikkeelle. Tukku-liike hyvittää maksetut tavarat, jotka on palautettu. Näin yritykselle ei tule materiaalihävikkiä eikä siitä aiheutuvia kustannuksia. Tukkuliikkeet ottavat materiaalit omaan varastoonsa ja voivat myydä ne niitä tarvitseville yrityksille. [20.]

Rakennettaessa esimerkiksi isoja asuinalueita ovat tukkuliikkeet myös perustaneet väliaikaisia tukkuja asuinalueen keskeiselle paikalle. Näin työntekijöiden on helppo hakea puuttuvat materiaalit suoraan tukkuliikkeestä. Suurille työmaille,

kuten kauppakeskuksille tai massiivisille toimistokomplekseille voi myös tiedustella väliaikaisia tukkuja myyjiltä. [20.]

Vaikka työmaalle ei tulisi merikontteja tai väliaikaisia tukkuliikkeitä, voi myyjiltä tiedustella mahdollisuuksia materiaalien palauttamiseen. Jos tuotteita tilataan väärin ja se huomataan nopeasti, voidaan niistä yleensä tehdä palautus tukkuliikkeelle. Tukkuliikkeet ottavat palautetut materiaalit tuodessaan seuraavaa kuormaa. Tässäkin vaihtoehdossa on hyvin tärkeää, että mitään pakkauksia ei avata turhaan. Mahdollisuus palautukseen on vain, jos materiaalit ovat kunnossa ja alkuperäisissä pakkauksissaan. [20.]

8 Pohdinta

Materiaalihävikin minimoimiseksi on lukuisia keinoja, ja niitä tullaan kehittämään tulevaisuudessa lisää. Keinot ovat hyödyllisiä vain, mikäli jokainen työntekijä asentajista yrityksen johtoon tekevät parhaansa materiaalihävikin minimoimiseksi. Sekä suunnittelun että toteutuksen eri vaiheet pitää tehdä huolella, jotta päästään haluttuun lopputulokseen materiaalihävikin minimoimiseksi.

Suunnittelulla on olennainen merkitys materiaalihävikin minimoimisessa. On pohdittava, voitaisiinko tulevaisuudessa siirtyä esimerkiksi siihen, että suunnittelijat antaisivat urakoitsijalle valmiit massaluettelot, jolloin urakoitsijan laskuvirheiden takia syntyvä materiaalihävikki saataisiin kuriin. Tämä keino edellyttää eri alojen suunnittelijoilta ja arkkitehdiltä tiivistä yhteistyötä. Yhteistyön ansiosta suunnitelmat saataisiin sovitettua yhteen eri suunnittelualojen kesken ja saataisiin esimerkiksi 3D-mallin kautta tarkat luettelot kuluvaan materiaalista. Laadukkaan suunnittelun haasteena on jatkuva kiire sekä kasvava paine suorittaa entistä enemmän. Jos työmaiden läpimenoaikoja saataisiin pidennettyä ja suunnitteluun käytettäisiin enemmän aikaa, saataisiin laadukkaampi lopputulos materiaalihävikin ja myös yleisen työn laadun suhteen.

Myös urakoitsijoiden pitäisi käyttää enemmän aikaa materiaalihävikin hallintaan. Kuten suunnittelussa, niin myös urakoinnissa eli työn toteuttamisessa on

yleensä kohtuuton kiire työmaiden tiukkojen aikataulujen takia. Jokainen tässä insinööriyössä mainittu materiaalihävikiä aiheuttava ongelma olisi helpommin ratkaistavissa, mikäli ongelmaan olisi aikaa perehtyä. Kohtuuttoman vuoksi urakoitsijat eivät ehdi tehdä esimerkiksi inventaarioita, jolla saataisiin tarkka tieto materiaaleista, jotka jo ovat työmaalla, ja materiaaleista, jotka olisi tilattava.

Jokaisella työmaalla olisi tärkeää tilastoida materiaalihävikin todellista määrää. Tarkkojen tilastojen perusteella yrityksessä tiedettäisiin, mikä on tilanne materiaalihävikin suhteen, ja asiaan olisi helpompi paneutua, kun tiedettäisiin konkreettiset haitat liiketoiminnalle sekä ympäristölle. Työntekijöiden motivoimiseksi voisi kehittää toimintamallin, jossa asentajat sekä työnjohto saisivat esimerkiksi bonuksia riippuen materiaalihävikin määrästä. Yleisesti tiedetään, että raha motivoi työntekijöitä suorittamaan paremmin.

Materiaalihävikistä ja sen haitoista kirjoitetaan ja keskustellaan vähän verrattuna siihen, kuinka isosta ongelmasta on kyse. Jos ongelmaa tuotaisiin enemmän esille, saataisiin siitä enemmän tietoa ja löydetäisiin myös ratkaisuja yhteisen keskustelun johdosta. Yksi tapa lisätä tietoisuutta materiaalihävikin syistä olisi se, että yrityksiä veloitettaisiin kouluttamaan työntekijöilleen materiaalihävikin hallintaa. Koulutuksissa olisi tärkeää ylläpitää keskustelua koulutukseen osallistuvien kanssa, sillä keskustelut tuovat uusia näkökulmia ja ratkaisuja.

Jotta materiaalihävikin ongelmat saadaan ratkaistua, vaaditaan kaikkien osapuolten yhteistyötä. Suunnittelijan on tehtävä suunnitelmansa mahdollisimman tarkasti ja tarpeeksi yksinkertaisesti. Esimerkiksi putkistojen reitit on suunniteltava mahdollisimman lyhyeksi ja siten, että käytäisiin työmaalla tarkastamassa suunnitelmien toteutuskelpoisuus. Urakoitsijan ja suunnittelijan on tehtävä kattavaa yhteistyötä materiaalien valinnassa ja niiden kelpoisuudessa käynnissä olevaan kohteeseen. Materiaalien soveltuvuus kannattaa tarkistaa siten, että urakoitsija ehdottaa tuotetta, jonka suunnittelija ja valvoja hyväksyvät. Suunnitelmamuutokset pitää luetteloida tarkasti, ja niistä on informoitava myös eri suunnittelualojen edustajia, mikäli suunnitelmamuutokset aiheuttavat muutoksia urakan toteutukseen. Urakoitsijoiden ja tavarantoimittajien yhteistyö on myös

tärkeää. Esimerkiksi tavarantoimittajilla on parempi tuotetuntemus kuin suunnittelijoilla. Tavarantoimittajan olisi tärkeää tuoda esiin, jos suunniteltu tuote ei kohteeseen jostain syystä sovi tai siihen olisi parempi vaihtoehto.

Materiaalin varastointiin pitää kehittää uusia ja toimivampia ratkaisuja, jotta materiaalihävikki saadaan minimoitua. Jokaisella työmaalla pitäisi olla mahdollisuus varastoida materiaalit oikein. Varastointitilojen kokoihin, käytettävyyteen ja laatuun pitäisi panostaa. Yksi idea materiaalihävikin vähentämiseen voisi olla yritys, joka hakisi työmaalta ylimääräiseksi jäävät materiaalit ja myisi ne eteenpäin. Urakoitsijoilla olisi varmasti kiinnostusta oikein säilytettyjen materiaalien ostamiseen kolmannelta osapuolelta edullisemmalla hinnalla.

9 Yhteenveto

Insinööriyön aiheena oli selvittää, miksi rakennusalaalla syntyy niin paljon materiaalihävikkiä. Työssä selvitettiin materiaalihävikin syitä sekä keinoja materiaalihävikin minimoimiseksi lähteiden, haastatteluiden ja omien kokemusten pohjalta. Lähteet olivat erilaisia artikkeleita ja tutkielmia materiaalihävikkiin liittyen, ja työhön haastateltiin talotekniikka-alan ammattilaisia.

Insinööriyön tavoitteena oli esitellä syitä, jotka johtavat materiaalihävikin synty-miseen. Tavoitteena oli tuoda esiin niin uusia kuin jo hyödynnettyjä keinoja materiaalihävikin minimoimiseksi. Esitettyjen keinojen avulla tilaajayrityksen on mahdollista päästä merkittäviin rahallisiin säästöihin. Tavoitteena oli myös herättää lukijan mielenkiinto aiheen ja ongelman syvempään pohdintaan, jotta yrityksen talous materiaalihävikin kannalta paranisi. Tarkoituksena oli myös tuoda esiin materiaalihävikin ympäristövaikutuksia.

Tutkimusmenetelmänä insinööriyössä käytettiin sisällön analyysia sekä haastatteluita. Sisällön analyysin aineistona käytettiin erilaisia lähteitä. Artikkeleiden ja tutkimusten tueksi käytettiin haastatteluja. Haastateltaville esitettyjen kysymysten avulla oli tarkoitus selvittää asiantuntijoiden näkökulmia materiaalihävikin syistä ja sen vähentämiskeinoista. Asiantuntijat toimivat verkkolähteiden

tukena. Haastatteluiden ja verkkolähteiden avulla saatiin mahdollisimman laaja kuva ongelmasta.

Insinööriyön tulokseksi saatiin paljon tietoa materiaalihävikin syistä ja seurauksista. Lisäksi esitettiin useita jo olemassa olevia ratkaisuja materiaalihävikin minimoimiseksi. Haastatteluiden avulla löydettiin myös keinoja, joita ei ollut mainittu lähdekirjallisuudessa. Insinööriyön tilaajayritykselle muodostuu laaja kuva materiaalihävikin syistä ja keinoista sen minimoimiseksi. Jos keinot otetaan käyttöön huolellisesti ja oikein, yrityksen on mahdollista säästää rahaa.

Syitä materiaalihävikkiin ja keinoja sen minimoimiseksi tutkittiin onnistuneesti eri rakennusvaiheissa. Insinööriyössä selvisi, että materiaalihävikin määrää pystytään ehkäisemään laadukkaasti suunnittelun ja toteutuksen avulla. Laadukas suunnittelu antaa edellytykset urakoitsijalle hyvään lopputulokseen materiaalihävikin suhteen. Työstä selviää, että myös urakoitsijalla itsellään on useita keinoja materiaalihävikin minimoimiseksi.

Materiaalihävikin hallintaan on syytä keskittää aiempaa enemmän resursseja, jotta ongelma saataisiin haltuun yrityksissä. Yritysten olisi syytä parantaa omia toimintatapojaan materiaalihävikin suhteen ja pidettävä yllä keskustelua aiheesta. Keskustelun avulla voidaan saavuttaa uusia ja tärkeitä keinoja ongelman ratkaisemiseksi. Kun rakennusalan yritykset selvittävät materiaalihävikin syitä yhdessä ja ideoivat keinoja sen vähentämiseksi, päästään parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen.

Lähteet

- 1 Vuoden 2021 jätekertymä kasvoi edellisvuodesta – syynä kaivannaisjätteiden ja niitä jalostavan teollisuuden jätteiden määrän kasvu. 2023. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <<https://stat.fi/julkaisu/cl8ipaww210ex0bw5b89zwzp1>>. 13.6.2023. Luettu 5.10.2023.
- 2 Tietoa meistä. Verkkoaineisto. LVI Urakointi Paavola Oy. <<https://lvi-paavola.com/tietoa-meistae>>. Luettu 5.10.2023.
- 3 Syrjälä, Jari. 2017. Jari Syrjälä: ”Talotekniikka tekee olosuhteet”. Verkkoaineisto. Media Planet Group. <<https://www.rakennamme.fi/talotekniikka/talotekniikka-tekee-olosuhteet/>>. 27.6.2017. Luettu 6.10.2023.
- 4 Painovoimainen ilmanvaihto. Verkkoaineisto. Hengityслиitto. <<https://www.hengityслиitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat/painovoimainen-ilmanvaihto-2-2/>>. Luettu 6.10.2023.
- 5 Ilmanvaihdon eri toteutustavat. 2023. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/taloyhtiot_ -_ yhdessa_ energiatehokkaasti/ilmanvaihto/ilmanvaihdon_eri_ toteutustavat>. Päivitetty 17.1.2023. Luettu 7.10.2023.
- 6 Sähköjärjestelmät ammattilaiselta. Verkkoaineisto. Gane Oy. <<https://gane.fi/sahkojarjestelmat>>. Luettu 7.10.2023.
- 7 Taloautomaatio. 2023. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/taloyhtiot_ -_ yhdessa_ energiatehokkaasti/taloautomaatio>. Päivitetty 17.1.2023. Luettu 6.10.2023.
- 8 Materiaalitehokkuus. 2022. Verkkoaineisto. Motiva. <<https://www.motiva.fi/ratkaisut/materiaalitehokkuus>>. Päivitetty 8.9.2022. Luettu 7.10.2023.
- 9 Rakennustarkkailija. Rakennusalan jätteet ja kierrätys. 2021. Verkkoaineisto. Rakennustarkkailija. <<https://rakennustarkkailija.com/2021/07/05/rakennusalan-jatteet-ja-kierratys/>>. 5.7.2021. Päivitetty 22.11.2023. Luettu 7.10.2023.
- 10 A Study Conducted to Patterns of Reducing Construction Waste On the Long Way of Sustainability. 2013. Verkkoaineisto. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/317888689_A_Study_Conducted_to_Patterns_of_Reducing_Construction_Waste_On_the_Long_Way_of_Sustainability>. Luettu 10.10.2023.

- 11 Työmaavarkaudet aiheuttavat mittavia vahinkoja vuosittain – työmaiden suojaaminen on haastavaa. 2022. Verkkoaineisto. Fennia. <<https://www.fennia.fi/sisaltostudio/tyomaavarkaudet-aiheuttavat-mittavia-vahinkoja-vuosittain-tyomaiden>>. 20.9.2022. Luettu 10.10.2023.
- 12 Nykyinen suunnittelurakentamisprosessi. 2002. Verkkoaineisto. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_prosessi_esiselvitys.pdf>. 17.12.2022. Luettu 11.10.2023.
- 13 Minimizing Materials Wastage in Construction-A Lean Construction Approach. 2013. Verkkoaineisto. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/265843343_Minimizing_Materials_Wastage_in_Construction-A_Lean_Construction_Approach> Luettu 8.10.2023.
- 14 Haastateltava 1. 2023. Entinen toimitusjohtaja. Sähköala. Helsinki. Haastattelu 5.10.2023.
- 15 Haastateltava 2. 2023. Projekti-insinööri. LVI-ala. Helsinki. Haastattelu 6.10.2023.
- 16 Materiaalikatselemukset. 2022. Verkkoaineisto. Motiva. <<https://www.motiva.fi/ratkaisut/materiaalitehokkuus/materiaalikatselemukset>>. Päivitetty 27.10.2022. Luettu 11.10.2023.
- 17 Firan uusi logistiikkakeskus vähentää työmaan hävikkiä kolmanneksen. 2019. Verkkoaineisto. ePressi Fira. <<https://www.epressi.com/tiedotteet/rakentaminen/firan-uusi-logistiikkakeskus-vahentaa-tyomaan-havikkia-kolmanneksen.html>>. 21.5.2019. Luettu 11.10.2023.
- 18 Haastateltava 3. 2023. Työnjohtaja. LVI-ala. Helsinki. Haastattelu 5.10.2023.
- 19 Rakennustyön materiaalisat ja hukat. 2000. Ratu S-1191. Rakennustieto.
- 20 Haastateltava 4. 2023 Tekninen myyjä. LVI-tekniikka. Helsinki. Haastattelu 11.10.2023.