BETK – Tuoteyksilöinnin ja tunnistamisen pilotointi

Vakioitu tuoteyksilöinti ja tunnistaminen elementtien toimitusketjun digitalisaation kehityksessä

Teemu Alaluusua, tutkija, toim.joht.
Con X Digi Technologies Oy, BETK-työryhmän operatiivinen projektipäällikkö
teemu.alaluusua@condigi.fi

Betonielementin yksilöintitiedoille määritelty yhteinen, GS1-standardeihin ja BETK-työryhmän soveltamisohjeeseen nojaava malli mahdollistaa, että sama, kaikkien osapuolten yhteisesti ymmärtämä tietosisältö voidaan kantaa mukana QR-koodissa, GS1 DataMatrixissa, RFID-tunnisteessa tai useammassa tiedonkantajassa rinnakkain.

Betonielementit suunnitellaan ja valmistetaan projekti ja usein elementti kerrallaan, mutta elementtiin liittyvä tieto ei yleensä seuraa fyysistä tuotetta koneluettavassa ja osapuolten yhteisesti tulkittavassa muodossa. Betonielementtien toimitusketjut perustuvat edelleen pitkälti manuaaliseen tiedonvaihtoon ja elementtien tuoteyksilöinti valmistajakohtaisiin menetelmiin. Vakioinnin puutteen vuoksi suunnittelu- ja tuotetiedon linkittäminen fyysiseen tuotteeseen ja tapahtumatiedon jakaminen toimitusketjussa on käytännössä mahdotonta.

Käsin tehty tietojen syöttö sisältää aina virheen mahdollisuuden, erityisesti kiireessä. Arvioiden mukaan virhe syntyy tyypillisesti jo muutamien satojen näppäinpainallusten jälkeen, kun taas automaattisissa tunnistus- ja tiedonkeruumenetelmissä virhesuhde on monissa sovelluksissa luokkaa yksi virhe sadoissa tuhansissa tai miljoonissa lukutapahtumissa, teknologiasta riippuen. Yksittäinen väärä merkintä tuotteesta tai toimituksesta ei ole sivuseikka, vaan voi käynnistää viivästyksiä, lisäkustannuksia ja turvallisuusriskejä.

Muiden toimialojen logistiikassa ja vähittäiskaupassa tuoteyksilöinti ja automaattinen tunnistaminen perustuvat laajasti GS1-standardiperheen tunnisteisiin ja tiedonkantajiin. Rakennustuoteteollisuudessa vastaavaa yhteisesti sovittua mallia ei ole vielä otettu systemaattisesti käyttöön tilauksesta suunniteltavien tuotteiden tasolla.

Tilauksesta suunniteltavien rakennustuotteiden toimitusketjuissa keskeinen haaste on, että tuotteet suunnitellaan ja valmistetaan yksilöllisesti tilausten perusteella. Tämä edellyttää tuoteyksilöinniltä laajaa, rakenteellisesti yhtenäistä tietosisältöä sekä tiedonkantajalta riittävää kapasiteettia yksilöintitiedon tallentamiseen.

Soveltamisohje betonielementtien tuoteyksilöintiin ja -tunnistamiseen

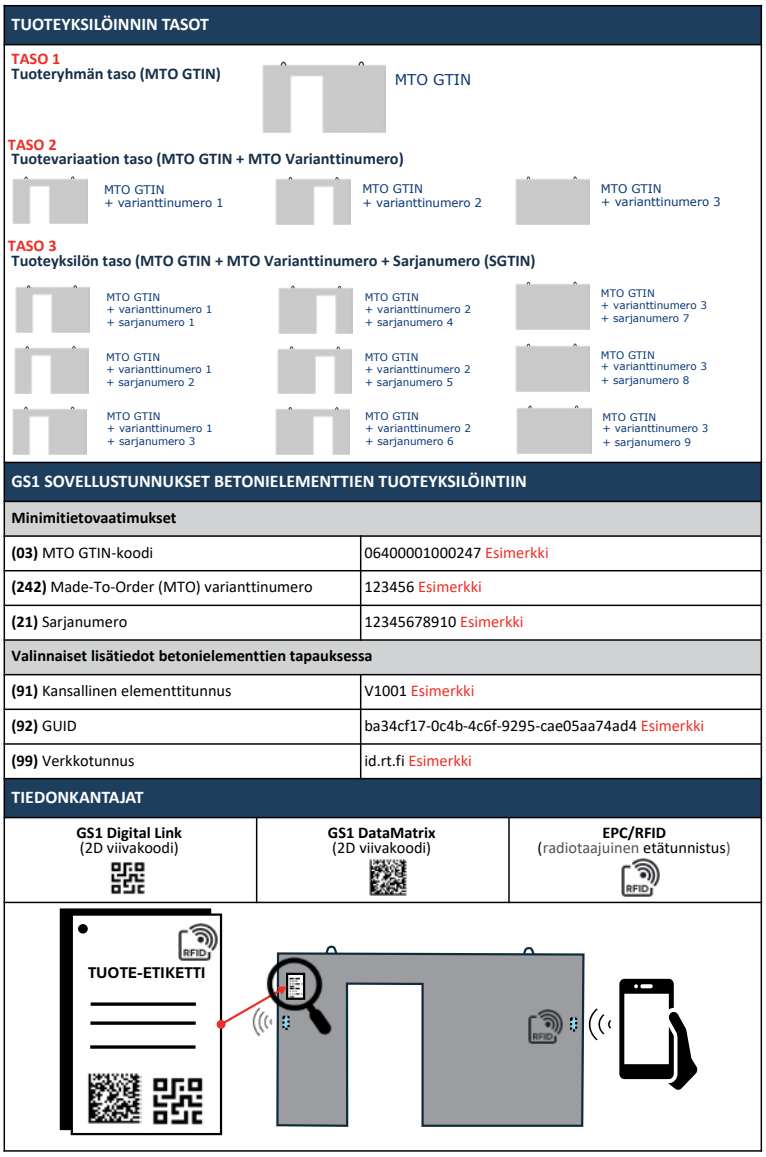
BETK-työryhmä on rakennus- ja rakennustuoteteollisuuden yhteinen työryhmä, joka edistää tilauksesta suunniteltavien rakennustuotteiden tuotetietojen ja toimitusketjun digitalisaatiota. BETK-työryhmässä tuoteyksilöinti päätettiin ratkaista hyödyntämällä GS1-standardiperheen tunnisterakenteita. Menetelmä soveltuu erityisesti tilauksesta suunniteltaviin tuotteisiin, joissa hierarkkinen yksilöintimalli tukee tuotetiedon kohdistamista ja sen jäljitettävyyttä toimitusketjun eri osapuolten välillä.

Kuvassa esitetään tilauksesta suunniteltavien betonielementtien tuoteyksilöinti GS1-standardiperheen mukaisten tunnisteiden ja sovellustunnusten perusteella. Kuvan yläosa kuvaa kolmitasoisen tuoteyksilöintimallin, jossa jokaisella tasolla tarkennetaan tuotteen yksilöintiä toimitusketjun tarpeisiin. Ensimmäinen taso on tuoteryhmätason tuoteyksilöinti, jossa käytettävä tunniste (MTO GTIN) määrittää tuotevalmistajan perustuotteen. Toinen taso on tuotevariaatiotason tuoteyksilöinti, jossa lisätunniste (MTO-varianttinumero) erottaa perustuotteen tilauskohtaisen variantin. Variantit voivat poiketa toisistaan esimerkiksi mitoiltaan, varustelultaan tai

1a–d Helsingin asuinkerrostalokohteen RFID-pilotointi: Elementtien RFID-tunnisteiden lukutapahtumia.

Artikkelin kuvat: Teemu Alaluusua,Con X Digi Technologies Oy

1a–d



2 Tuoteyksilöinnin ja -tunnistamisen malli.

muista suunnittelua koskevista lähtötiedoista. Kolmas taso on tuoteyksilötason tuoteyksilöinti, jossa sarjanumero yhdistetään tuoteryhmätason tunnisteeseen ja varianttinumeroon. Tämä mahdollistaa saman variantin yksittäisten tuoteyksilöiden erottamisen toisistaan ja tukee tuotteen jäljitettävyyttä elementin koko elinkaaren ajan.

Kuvan keskiosassa esitetään ne GS1-sovellustunnukset, jotka muodostavat betonielementtien yksilöinnin minimitietosisällön. Pakollisia sovellustunnuksia ovat tuoteryhmätason tunniste (03), tuotevariaatiotason tunniste (242) ja tuoteyksilötason sarjanumero (21). Kuvassa esitetään lisäksi valinnaisia sovellustunnuksia, kuten elementtitunnus (91), GUID-tunniste (92) ja verkkotunnus (99), jotka mahdollistavat tuotteen liittämisen järjestelmäkohtaisiin tietoihin ja digitaalisiin tietorakenteisiin. Nämä lisätunnisteet parantavat tuotteen jäljitettävyyttä ja tukevat tietojen yhdistettävyyttä toimitusketjun eri osapuolten välillä.

Kuvan alaosa esittää yksilöintitiedon toteutusvaihtoehtoja käytännössä. Esitetyt tiedonkantajat ovat GS1 Digital Link -tunniste (2D-viivakoodi), GS1 DataMatrix (2D-viivakoodi) ja EPC/RFID-tunniste, jotka mahdollistavat tiedon liittämisen fyysiseen tuotteeseen ja tiedon lukemisen osana toimitusketjun prosesseja. Näiden tiedonkantajien avulla kuvassa esitetyt tunnisteet voidaan sijoittaa joko tuotteen pinnalle tai upottaa osaksi tuotetta, mikä mahdollistaa tuoteyksilöinnin teknisen käytettävyyden myös haastavissa työmaa- ja tuotanto-olosuhteissa.

Miksi RFID kiinnostaa betoniteollisuutta

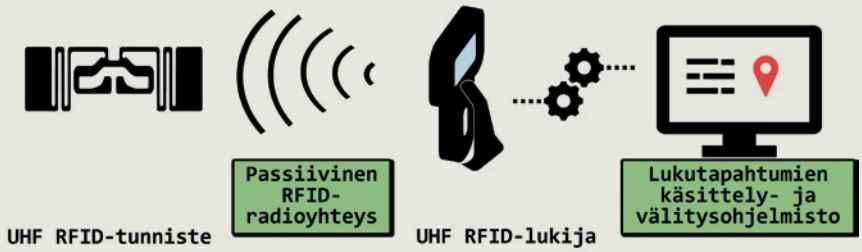
Viivakoodit ja 2D-koodit ovat tuttuja myös rakennusalalla. Ne vaativat kuitenkin näköyhteyden, tarran tai merkinnän, joka pysyy luettavana koko matkan ajan tehtaalta työmaalle ja edelleen asennuksen jälkeen. Betonielementin mukana kulkeva tarra ei ole ihanteellinen tai pitkäikäinen ratkaisu. Siksi BETK-työryhmässä päätettiin selvittää, voisiko tunnisteen piilottaa näkyvän lappumerkinnän sijaan kokonaan betonin sisään RFID-teknologiaa hyödyntäen.

Yleiskuvaus pilotista

Tutkimuksen ensisijaisena tarkoituksena oli selvittää, missä määrin radiotaajuiseen etätunnistukseen perustuva RFID-teknologia soveltuu vakioidun tuoteyksilöintitiedon kantamiseen ja lukemiseen betonielementtien toimitusketjussa. Kokeilun tavoitteena oli arvioida tunnisteiden teknistä toimivuutta toimitusketjun eri osapuolten prosesseissa sekä tunnisteiden luettavuutta käytännön prosessi- ja käyttöympäristöissä. Samalla haluttiin luoda käytännön pohja GS1-standardeihin pohjautuvien, eri toimijoiden yhteisesti hyödynnettävissä olevien tuoteyksilöinti- ja tunnistusmenetelmien käyttöönotolle rakennustuoteteollisuudessa.

Tutkimus toteutettiin Proof of Concept -kokeiluna, jossa passiiviset UHF RFID -tunnisteet upotettiin betonielementteihin valmistusvaiheessa. Betonielementtien RFID-tunniste-

3 UHF RFID-teknologian toimintaperiaate



teknologian pilotointi toteutettiin touko–marraskuun 2024 aikana kahdella kerrostalotyömaalla Helsingissä ja Tampereella, ja testaus kattoi vaiheet tuotevalmistuksesta työmaalla tapahtuvaan asennukseen. Toimitusketjun hallinnan näkökulmasta pilotti rajattiin tuoteyksilöinnin ja tunnistamisen menetelmiin, jotka muodostavat pohjan myöhemmin toteutettavalle toimitusketjun tapahtumatiedon jakamisen pilotille.

Osallistujat ja yhteistyötahot

Pilottiin osallistuivat betonielementtivalmistajat Parma Consolis Oy ja Lujabetoni Oy sekä rakennusyritykset Fira Rakennus Oy ja NCC Suomi Oy. RFID-teknologiaosaamista projektiin toivat Riffid Oy ja Nordic ID Oyj. Lisäksi toteutuksessa olivat mukana Rakennusteollisuus RT, RFID Lab Finland Oy, Aalto-yliopisto ja GS1 Finland Oy.

UHF RFID-tunniste tiedonkantajana betonielementissä

BETK-työryhmän tuoteyksilöintimäärittelyjen testaamiseksi päätettiin kokeilla betonielementtien tuotetunnistusta RFID-teknologiaan perustuvien tiedonkantajin kautta. RFID-teknologia perustuu radiotaajuuksilla tapahtuvaan tiedonsiirtoon, jossa RFID-lukija lähettää radiosignaalin aktivoidakseen tunnisteen. Tunniste vastaa signaaliin heijastamalla siihen tallennetut tiedot takaisin lukijalle, joka edelleen välittää ne tietojärjestelmään. RFID-järjestelmä ei edellytä suoraa näköyhteyttä ja mahdollistaa automaattisen sekä etäluettavan yksilöinnin. Tunnisteet luokitellaan passiivisiin, puolipassiivisiin ja aktiivisiin niiden virransyöttömekanismin perusteella. RFID-järjestelmät toimivat eri radiotaajuuksilla, joista yleisin on LF-taajuus (matala taajuus, 30–300 kHz), HF (korkea taajuus, 3–30 MHz) ja UHF (erittäin korkea taajuus, 300 MHz – 3 GHz).

Testissä käytettiin koteloituja metallipinnoille soveltuvia passiivisia EPC/RFID Gen2 UHF -tunnisteita, jotka valettiin betonielementtien sisään. Tunnisteen valinta perustui RFID-teknologia-asiantuntijoiden näkemykseen, jossa passiivisten UHF-tunnisteiden lukuetäisyys, kustannustehokkuus ja käyttöympäristön soveltuvuus olivat keskeisiä valintakriteerejä kyseiselle RFID-teknologialle. Passiivisessa tunnisteessa ei ole omaa virtalähdettä, vaan se saa energiansa lukijan kentästä.

Tiedonkantajien osalta betonielementtien käyttöympäristön haasteena nähtiin betonin emäksisyyden, kosteuden, sekä raudoituksen vaikutukset RFID-tunnisteen toimintaan. RFID-teknologian testauksen tarve perustui aiempien tutkimus- ja kehityshankkeiden tuloksiin, jossa RFID-teknologian etuna nähtiin tiedonkantajan käyttöikä osana tuotetta, sekä automatisoidut lukutapahtumat ja niistä syntyvän tapahtumatiedon jakaminen toimitusketjun osapuolten välisissä prosesseissa.

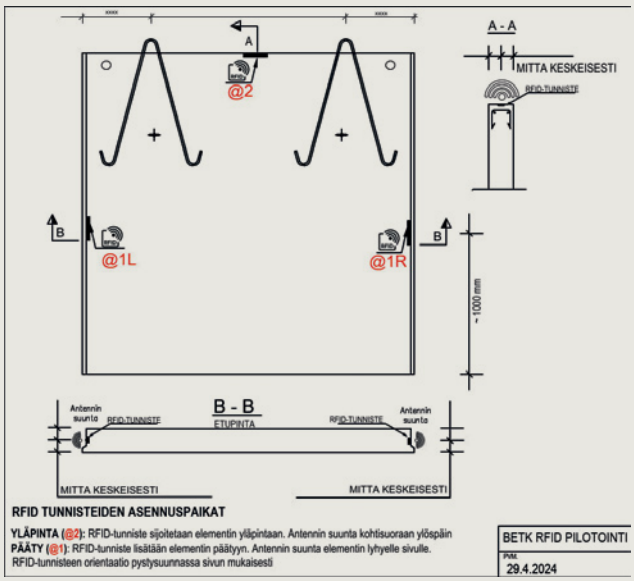
RFID-teknologian testaus toimitusketjussa

Testaus toteutettiin osana todellisia toimitusketjuja kunkin pilotointiin osallistuvan yrityksen omilla resursseilla. Näin tunnisteiden käyttöä voitiin tarkastella käynnissä olevassa tuotantoketjussa ilman merkittäviä muutoksia vakiintuneisiin prosesseihin.

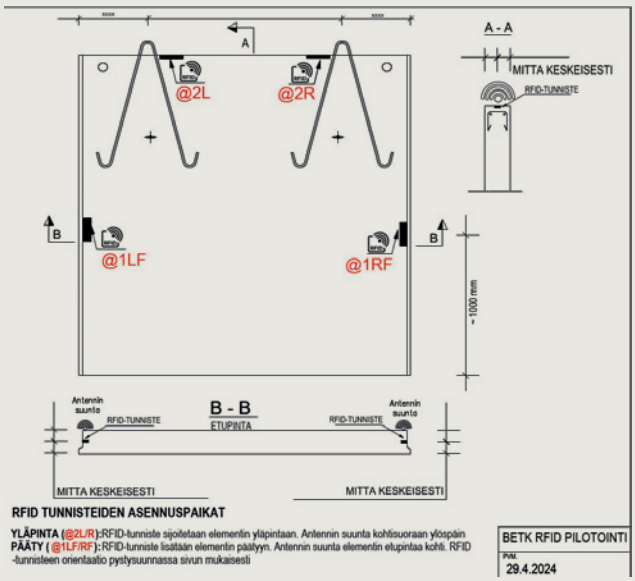
RFID-tunnisteet koodattiin etukäteen RFID-teknologiatoimittajien toimesta BETK-työryhmän tuoteyksilöintiohjeen mukaisesti ja asennettiin suunnitelmien mukaan betonielementteihin. Elementtien toimitusketjun lukutapahtumat dokumentoitiin elementtikohtaisiin tarkastuslistoihin, joihin kirjattiin lukutapahtumien ajankohta,

4a–d Helsingin asuinkerrostalokohteen RFID-pilotointi: Betonielementtien UHF RFID-tunnisteiden asennus.

5 Helsingin asuinkerrostalokohteen RFID-pilotointi:
UHF RFID-tunnisteiden sijoittelun ja orientaation periaatekuva.



6 Tampereen asuinkerrostalokohteen RFID-pilotointi:
UHF RFID-tunnisteiden sijoittelun ja orientaation periaatekuva.



sijainti, lukuetäisyys ja signaalin voimakkuus. Tunnisteita luettiin tehtaalla valmistuksen ja välivarastoinnin jälkeen, kuljetus–vastaanottovaiheen rajapinnassa ja lopuksi asennettuna osana valmista runkoa.

Helsingin asuinkerrostalokohteessa seurattiin kymmenen väliseinäelementin tunnistamista koko toimitusketjun matkalla elementtitehtaalta työmaalle ja lopulliseen asennukseen. Tehtaalla tunnisteet luettiin käsilukijoilla tuotannon ja välivarastoinnin yhteydessä. Kuljetuksen ja työmaan rajapintaan rakennettiin kiinteä RFID-portti elementtien purkualueelle, jonka tarkoitus oli lukea automaattisesti kuormasta purettavat elementit. Työmaan elementtitelineissä asennusta odottavia elementtejä luettiin lisäksi käsilukijalla, ja lopuksi seinät luettiin kerroksissa asennuksen jälkeen.

Tampereen asuinkerrostalokohteessa viidentoista väliseinäelementin tunnistamista seurattiin vastaavasti kahdessa toimitusketjun kohdassa. Elementtitehtaalla tunnisteiden luentaa testattiin kiinteillä porteilla tuotantolinjan ja ulkovaraston välisellä kulkureitillä, ja työmaalla tunnisteet luettiin käsilukijalla asennuksen jälkeen.

Tulokset

Havaintojen perusteella RFID-teknologia soveltuu integroitavaksi osaksi digitaalista toimitusketjua ja tarjoaa potentiaalia tuotannon, logistiikan ja laadunhallinnan kehittämiseen, mutta käytännön toteutuksessa on edelleen ratkaistavia haasteita. Tulokset osoittivat, että RFID-tunnisteet toimivat teknisesti betonielementtien sisään upotettuina. Tunnisteet voitiin lukea luotettavasti käsilukijoilla silloin, kun ne oli sijoitettu ja suunnattu niin, että ne olivat lukijan antennin säteilykuvion kannalta suotuisassa kulmassa. Vastaavasti tilanteissa, joissa tunnisteen antenni jäi ikään kuin lukijakentän varjoon, vastaanotettu signaali heikkeni ja lukutapahtumat epäonnistuivat usein.

Kiinteät porttilukuratkaisut tarjosivat tutkimuksessa oman oppimiskohteensa. Elementtitehtaalle asennettu RFID-portti tuotti muutamien testattujen elementtien osalta lupaavia tuloksia, mutta työmaan purkualueelle rakennettu vastaava ratkaisu ei yltänyt samaan suorituskykyyn.

Keskeiseksi rajoitteeksi osoittautui tunnisteen orientaatio suhteessa lukijan kenttään. Mikäli tunniste ei ollut antennikentän kannalta edullisessa suunnassa, portti ei yksinkertaisesti havainnut sitä. Antennien etäisyydet, korkeudet ja suuntaus suhteessa elementtiin upotettujen tunnisteiden orientaatioon muodostavat kokonaisuuden, jonka hienosäätäminen edellyttää olosuhdekohtaista optimointia.

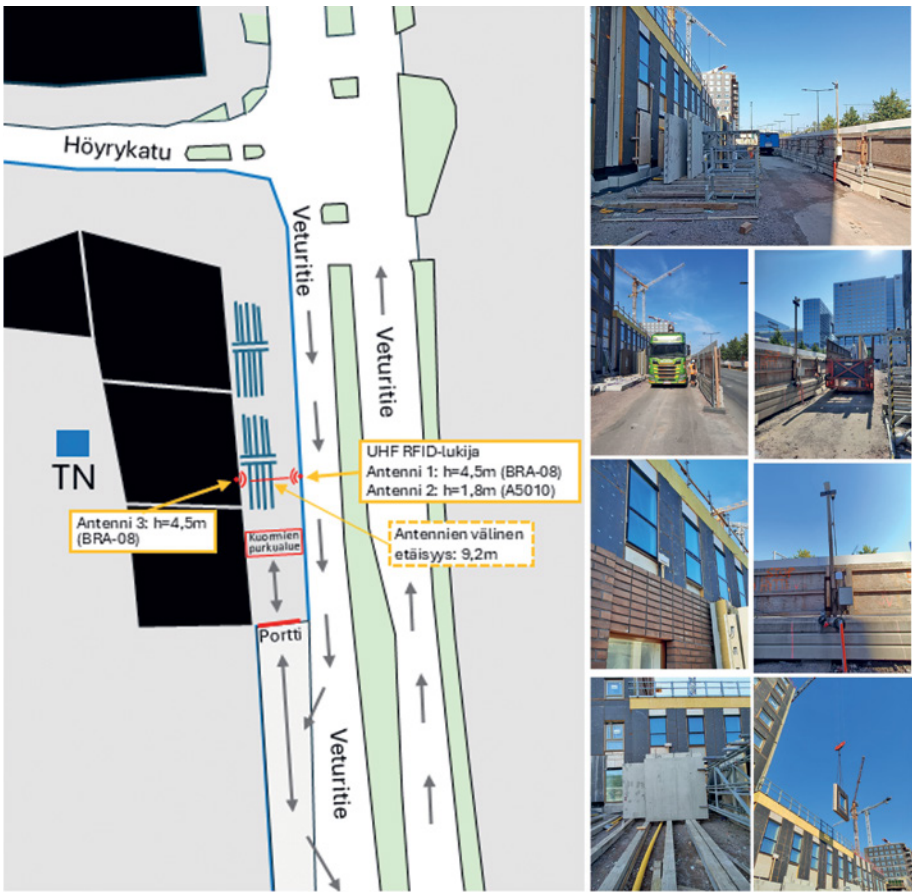
Koska tutkimuksen otanta oli rajallinen, tuloksia tulee pitää suuntaa antavina. Kattavampi testaus eri elementtityypeillä, tuotantomenetelmillä ja käyttötilanteissa on tarpeen RFID-teknologian todellisten hyötyjen ja rajoitteiden luotettavaksi arvioimiseksi. RFID-teknologian tuottama hyöty riippuu ratkaisevasti siitä, miten RFID-tunnisteen paikka elementissä ja luentamenetelmät toimitusketjussa suunnitellaan osaksi kokonaisprosessia. Laajemmilla kokeilla voidaan lisäksi täsmentää teknologian soveltuvuutta rakennustuoteteollisuuden tapahtumatiedon hallintaan, jossa yksittäisten tuotteiden liikkeet ja tilamuutokset voidaan yhdistää digitaaliseen prosessitietoon reaaliaikaisesti ja läpinäkyvästi toimitusketjun eri osapuolten välillä.

Jäljitettävyys tekee poikkeamat näkyviksi

Pilotin ehkä kiinnostavin tulos liittyi betonielementtien jäljitettävyyteen. Betonielementtien lukutapahtumat toivat näkyviin poikkeamia, jotka olisivat muuten todennäköisesti jääneet piiloon. Rajallisesta aineistosta löytyi tapauksia, joissa elementti oli asennettu vahingossa eri kerrokseen kuin mihin se oli alun perin suunnitelmissa osoitettu. Tämä osoittaa, että vakioidun yksilöintitiedon ja tunnistusteknologian soveltaminen ja vakioitu jäljitettävyystieto paljastavat poikkeamia, jotka käsin tehtyjen kirjausten ja tavanomaisen valvonnan varassa voisivat jäädä kokonaan havaitsematta. Kun kyse on rakennuksen rungon kantavista betonielementeistä, on syytä kysyä, missä määrin jäljitettävyys on turvallisuuden ja laadun varmistamisen ehto eikä vain tekninen yksityiskohta.

Yksittäisestä tunnisteen lukutapahtumasta kohti digitaalista toimitusketjua

BETK-työryhmän pilotti kertoo, että tekninen perusta on olemassa ja että ensimmäiset askeleet on otettu. Toteutettu pilotti herättää helposti teknologiapainotteisen keskustelun. Minkälaista tiedonkantajaa ja tunnistusteknologiaa tulisi hyödyntää betonielementtien



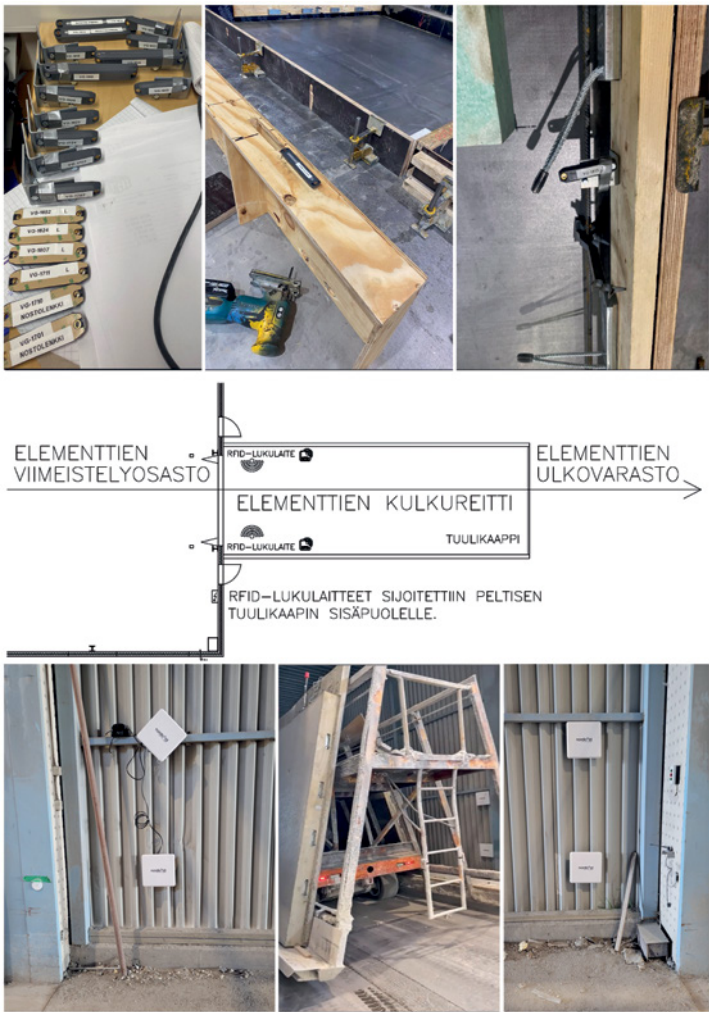
7

7 Helsingin asuinkerrostalokohteen RFID-pilotointi: Asemapiirros kiinteän UHF RFID-lukijan ja antennien sijoittelusta työmaan varastoalueella (vas.) ja kuvia rakennustyömaasta (oik.).

8 Tampereen asuinkerrostalokohteen RFID-pilotointi: Betonielementtien UHF RFID-tunnisteiden asennus (yläkuvat) sekä kiinteiden UHF RFID-lukijoiden ja antennien sijoittelu elementtitehtaan tuotantologistiikan seurantaan (pohjapiirros ja asennuskuvat)

käyttötapauksessa? Vaikka kysymys on tärkeä tuotannon prosessien näkökulmasta, digitalisaation kannalta ratkaisevaa ei kuitenkaan ole menetelmä, vaan se, mitä tietoa tiedonkantajaan tallennetaan ja miten se saadaan virtaamaan toimitusketjun osapuolten välillä tiedon keräämisen jälkeen.

Betonielementin yksilöintitiedoille määritelty yhteinen, GS1-standardeihin ja BETK-työryhmän soveltamisohjeeseen nojaava malli mahdollistaa, että sama, kaikkien osapuolten yhteisesti ymmärtämä tietosisältö voidaan kantaa mukana QR-koodissa, GS1 DataMatrixissa, RFID-tunnisteessa tai useammassa tiedonkantajassa rinnakkain. Silloin fyysinen betonielementti ja sen digitaalinen kaksonen kulkevat aidosti käsi kädessä, riippumatta siitä, luetaanko tietoa viivakoodista vai RFID-tunnisteesta. •



8

Viitteet:

Alaluusua, T. & Kihula, J. 2025. *Betonielementtien tuotantoketjun digitalisointi*. Betoni-lehti 2/2025, s. 74–77. ISSN 2323-1262. Jatkaa Betoni-lehden numerossa 2/2025 julkaistua artikkelia.

Rakennusteollisuus ry. 2024. *BETK: Tuoteyksilöinnin ja RFID-teknologian pilotoinnin loppuraportti*

Rakennusteollisuus ry. 2024. *Tuoteyksilöinnin ja -tunnistamisen yhteentoimivuuden soveltamisohje: Tilauksesta suunniteltavat rakennustuotteet.*