OAMK OULUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kasper Karjalainen

UUDELLEENKÄYTETTÄVÄKSI SUUNNITTELU RAKENNESUUNNITTELUN NÄKÖKULMASTA

Case-tutkimus betonielementtirakenteisesta asuinkerrostalosta

UUDELLEENKÄYTETTÄVÄKSI SUUNNITTELU RAKENNESUUNNITTELUN NÄKÖKULMASTA

Case-tutkimus betonielementtirakenteisesta asuinkerrostalosta

Kasper Karjalainen
Opinnäytetyö
Kevät 2023
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Kasper Karjalainen
Opinnäytetyön nimi: Uudelleenkäytettäväksi suunnittelu rakennesuunnittelijan näkökulmasta
Työn ohjaajat: Jari Hietala, A-Insinöörit; Elli Kinnunen, A-Insinöörit & Juho Vinkki, Oamk
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2023 Sivumäärä: 36 + 2 liitettä

Maankäyttö- ja rakentamislain kokonaisuudistuksessa vaaditaan kiinnittämään rakennuksen elinkaariominaisuuksiin erityistä huomioita. Rakennuksen elinkaariominaisuudet voidaan jakaa kolmeen: uudelleenkäytettävyys, joustavuus ja säilyvyys. Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä uudelleenkäytettäväksi suunnitteluun keinona vaikuttaa rakennuksen elinkaariominaisuuksiin ja tutkia betonielementtirakenteista asuinkerrostaloa purettavaksi suunnittelun näkökulmasta.

Uudelleenkäytettäväksi suunnitteluun eli englanniksi Design for Disassembly (DfD) perehtyminen toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuutta oli paljon sekä englanniksi että suomeksi. Kirjallisuuskatsauksessa tutkittiin DfD:tä ja sen edellytyksiä Suomessa sekä kohteita, joissa sitä oli hyödynnetty. Kirjallisuuskatsauksen tuloksena tuotettiin uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteet.

Betonielementtirakennuksesta tutkittiin rakennuksen yleisimmät rakennetyypit, elementtiliitokset ja tyyppielementit DfD:n näkökulmasta. Rakennetyypeistä tutkittiin välipohjarakennetta sekä erilaisia seinärakenteita, joista löydettiin uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukaisia ratkaisuja.

Elementtiliitosten tutkimuksen tavoitteena oli muokata liitoksista mahdollisimman helposti purettavat sekä uudelleenkäytettävät. Ainoastaan parvekkeen liitokset olivat uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukaisia, sillä ne olivat ainoat, jotka pystyttiin purkamaan ehjänä. Muissa liitoksissa liitososia ei voinut ehjänä purkaa. Työssä esiteltiin vaihtoehtoisia liitosratkaisuja, jotka voidaan purkaa ehjänä.

Tyyppielementtien tutkimuksessa huomattiin, että lähes kaikista elementeistä saatiin uudelleenkäytettävät samoilla liitostyypeillä lisäämällä uudelleenkäyttöä varten uudet liitokset. Tutkimuksessa tultiin myös siihen tulokseen, että kaikki elementit tulee varustaa erillisillä nosto-osilla, jotta ehjänä purkaminen ja uudelleenkäyttö on mahdollista.

Opinnäytetyössä saatiin tuotettua riittävästi tietoa, jonka pohjalta toimeksiantajayritys pystyy laatimaan sisäisen ohjeen uudelleenkäytettäväksi suunnitteluun betonielementtirakenteille. Opinnäytetyö ei sisällä toimistorakentamiseen liittyviä liitoksia tai elementtejä. Niiden osalta olisi hyvä tehdä lisää tutkimusta, jotta ohjetta voidaan laajentamaan koskemaan kaikkia betonielementtirakennuksia.

Asiasanat: kiertotalous, purettavaksi suunnittelu, uudelleenkäytettäväksi suunnittelu, DfD, kestävä kehitys, kestävä suunnittelu

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering, Option of House Building Engineering

---

Author: Kasper Karjalainen
Title of thesis: Design for Disassembly in Precast Concrete Building
Supervisors: Jari Hietala, A-Insinöörit; Elli Kinnunen, A-Insinöörit and Juho Vinkki, Oamk
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2023
Number of pages: 36 + 2 appendices

The comprehensive reform of the Land Use and Construction Act 2025 requires special attention to the life-cycle performance of a building. The life-cycle performance of the building consists of three parts: reusability, adaptability, and durability. The aim of the thesis was to explore design for disassembly (DfD) as a means of to influence the life-cycle characteristics of the building and to study the concrete prefabricated apartment building from the DfD point of view.

The study of the design was carried out as a literature review. There was plenty of literature both in English and in Finnish. The literature review examined the design and its conditions in Finland as well as the buildings or projects where planning had been made for dismantling. As a result of the literature review, principles for DfD were produced.

The study of a concrete element building was carried out by examining the most common construction types, element joints and type elements of the building from the design of disassembly point of view. The structure types were examined for intermediate floor construction and various wall structures where design for disassembly solutions were found.

The aim of the study was to customize the connectors as easily as possible and to re-use them. Only the balconies were designed to be disassembled, as they were the only ones that did not need to be disassembled by breaking. In other joints the fittings could not be dismantled in one piece. Alternative joint solutions were presented and can be dismantled in one piece.

The study of type elements found that almost all the elements were re-usable with the same type of connection, adding new connections for re-use. The study also concluded that all the elements should be equipped with separate lifting components to allow undamaged dismantling and reuse.

The thesis produced sufficient information to enable the sponsor company to draw up internal instructions for the construction of concrete element structures. The thesis does not contain any connections or elements related to office building. Further research should be carried out to extend the guide to all concrete element buildings.

Keywords: circular economy, design for deconstruction, design for disassembly, DfD, sustainability

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 6
2 UUDELLEENKÄYTETTÄVÄKSI SUUNNITTELU OSANA KIERTOTALOUTTA 7
2.1 Rakennusosien uudelleenkäytön edellytykset Suomessa 8
2.2 Uudelleenkäytettäväksi suunnittelu Suomessa ja maailmalla 9
3 UUDELLEENKÄYTETTÄVÄKSI SUUNNITTELU RAKENNESUUNNITTELUN NÄKÖKULMASTA 12
3.1 Uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteet 13
3.2 ISO 20887 -standardin ehjänä purkaminen 13
4 CASE: BETONIELEMENTTIRAKENTEINEN ASUINKERROSTALO 16
4.1 Rakennetyypit 16
4.2 Runkodetaljit elementtiliitoksille 19
4.2.1 Seinäliitokset 19
4.2.2 Laattojen liitokset 21
4.2.3 Parvekeliitokset 22
4.2.4 Vaihtoehtoiset uudet liitokset 23
4.3 Tyyppielementit 26
4.3.1 Seinäelementit 26
4.3.2 Laattaelementit 27
4.3.3 Muut elementit 28
5 YHTEENVETO 30
6 POHDINTA 32
LÄHTEET 34

1 JOHDANTO

Rakennusala tuottaa maailmanlaajuisesti 35 % kasvihuonekaasupäästöistä ja puolet maailman luonnonvaroista käytetään rakennuksiin ja rakentamiseen (1). Ihmisten kansakuntana tulisi tehdä mahdollisimman paljon itsensä aiheuttaman ilmastonmuutoksen ja luonnon monimuotoisuuden kaventumisen hillitsemiseksi. Kiertotalouden avulla on mahdollista vähentää rakentamisesta aiheutuvaa vaikutusta ilmastoon ja luontoon. Suomessa maankäyttö- ja rakennuslain uudistus pyrkii edistämään kiertotaloutta ja hillitsemään sekä sopeutumaan ilmastonmuutokseen (2).

Muuttuva lainsäädäntö asettaa uusia vaatimuksia rakentamiselle. Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksen mukaan rakentamisen on hillittävä ilmastonmuutosta ja edistettävä kiertotaloutta. Lakiehdotuksen mukaan myös rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan elinkaariominaisuuksiltaan ekologiseksi ja tavoitteelliselta tekniseltä käyttöiältään pitkäikäiseksi. (2.) Suomen ympäristökeskus on nimennyt kolme suunnittelustrategiaa, joilla päästään laissa esitettyihin vaatimuksiin: uudelleenkäytettävyys, joustavuus ja säilyvyys (3). Uudelleenkäytettäväksi suunnittelun tavoitteena on minimoida rakennuksen elinkaaren lopussa syntyvä jäte suunnittelemalla rakennus niin, että mahdollisimman iso osa rakennuksesta olisi uudelleenkäytettävissä samassa tai yhtä arvokkaassa käyttötarkoituksessa.

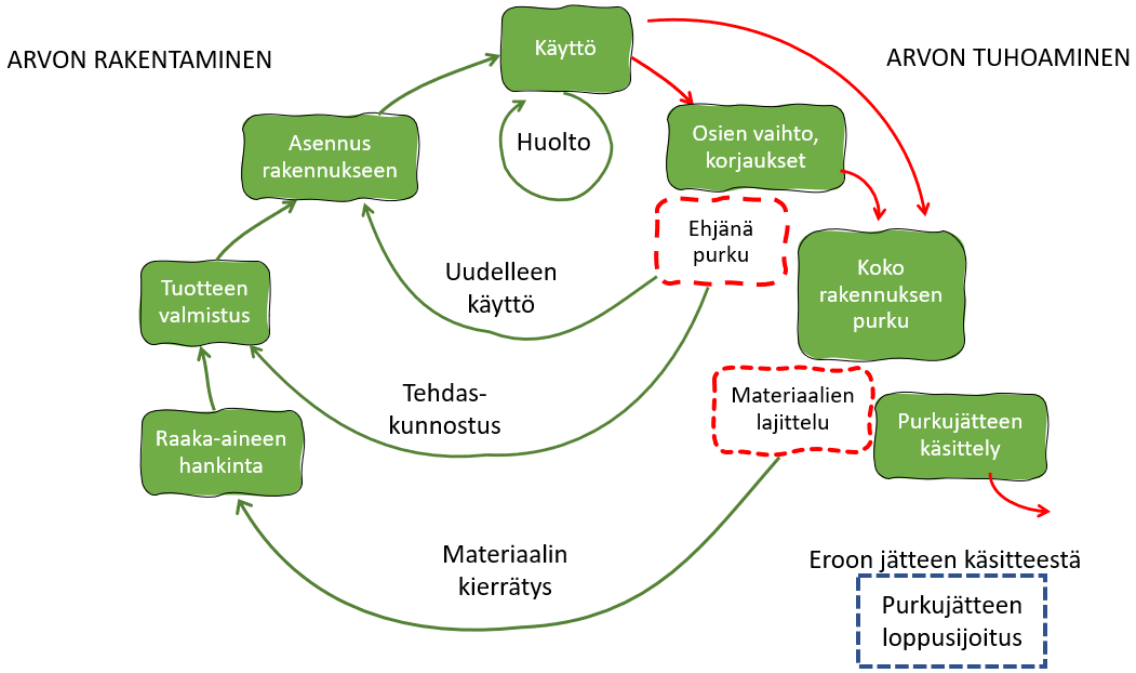
Tässä opinnäytetyössä keskitytään betonielementtirakenteisen asuinkerrostalon betonielementtien purettavuuden ja uudelleenkäytettävyyden suunnittelun näkökohtiin. Työn tavoitteena on perehtyä uudelleenkäytettäväksi suunnittelun ideaan ja tuottaa lähtötietoja, joiden pohjalta voidaan laatia suunnitteluohje. Työn alussa perehdytään aiheesta olemassa olevaan kirjallisuuteen. Sen jälkeen tutkitaan, mitä ohjeistusta rakennesuunnittelija tarvitsee uudelleenkäytettäväksi suunnitteluun ja ovatko jo nykyiset suunnitelmat uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteiden mukaisia. Työn lopussa tutkitaan esimerkkikohteen avulla, miten purettavuuden ja uudelleenkäytön suunnittelua voidaan betonielementtirakenteisen kerrostalokohteen suunnittelussa toteuttaa. Työ rajataan koskemaan vain betonielementtirakenteiden liitoksia.

Työn tilaaja A-Insinöörit on vuonna 1956 perustettu suunnittelutoimisto. A-Insinöörien tavoitteena on vähentää toimeksiantojensa negatiivisia ympäristövaikutuksia ja kasvattaa positiivisia. Tämä opinnäytetyö on osa kestävän kehityksen toimintaa, jolla pyritään luomaan ohjeita ja työkaluja kestävämmän rakennesuunnittelun mahdollistamiseksi. (4.)

2 UUDELLEENKÄYTETTÄVÄKSI SUUNNITTELU OSANA KIERTOTALOUTTA

Uudelleenkäytettäväksi suunnittelu tai Design for Disassembly (DfD) tarkoittaa, että rakennukset suunnitellaan lähtökohtaisesti niin, että ne voidaan purkaa ehjänä ja rakennusosat voidaan käyttää uudelleen. Tällä pyritään minimoimaan rakennuksen purkamisen jätteistä syntyviä päästöjä, pienentämään rakennusmateriaalien aiheuttamia päästöjä, vähentämään neitseellisten raaka-aineiden kulutusta ja edistämään materiaaleihin sitoutunutta arvoa. Uudelleenkäytettäväksi suunnittelu on strategia, jota toteutetaan uudisrakennuksen tai korjaushankkeen suunnitteluvaiheesta alkaen, ei siis purkutyön suunnittelua kuten englanninkielisestä nimestä voisi ajatella. (5.)

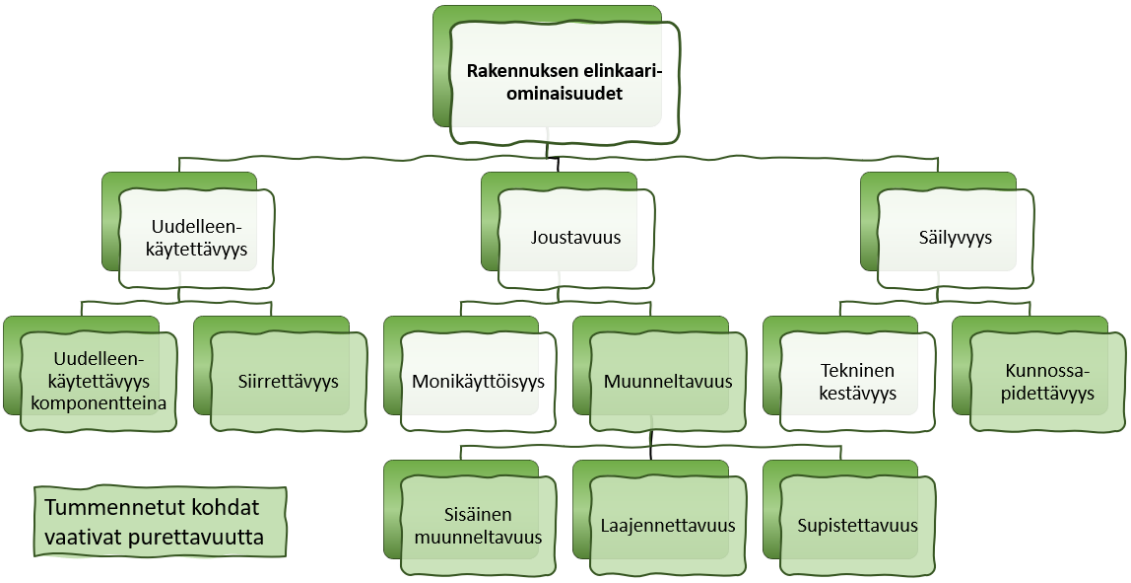
Uudelleenkäytettäväksi suunnittelu on ehdoton konsepti materiaalikierron säilyttämiseksi. Materiaalikierrolla kuvataan raaka-aineista saadun tuotteen arvoa, jolloin se on arvokkaimmillaan käytössä. Ehjänä purkaminen mahdollistaa materiaalien ja osien uudelleenkäytön ilman niiden arvon tuhoamista ja on näin ollen erityisen tehokas tapa vähentää neitseellisten materiaalien kulutusta. (Kuva 1.) Sen sijaan, että jouduttaisiin valmistamaan rakennusosat joka rakennukselle uudestaan, voitaisiin hyötykäyttää jo olemassa olevia, ehjänä purettuja osia. (6.)



KUVA 1. Materiaalikierto (7, s. 8, mukaillen)

2.1 Rakennusosien uudelleenkäytön edellytykset Suomessa

Rakentamislakiehdotuksessa määrätään kiinnittämään erityistä huomioita rakennuksen elinkaariominasuuksiin. Elinkaariominaisuudet ovat erilaisia rakennuksen laatutekijöitä, joilla pyritään tukemaan pitkäikäisyyttä, ehkäisemään ennenaikaista purkamista ja mahdollistamaan rakennukseen käytettyjen resurssien hyödyntämisen sen elinkaaren jälkeen. Elinkaariominaisuudet voidaan jakaa kolmeen osaan: uudelleenkäytettävyyys, joustavuus ja säilyvyys. Näistä jokainen voidaan jakaa vielä pienempiin osiin, joista lähes kaikki vaativat purettavuutta eli uudelleenkäytettäväksi suunnittelua. (2.) (Kuva 2.)



KUVA 2. Rakennuksen elinkaariominaisuudet (2, mukaillen)

Rakennuksen elinkaariomaisuuksista uudelleenkäytettävyys tarkoittaa sitä, että rakennus voidaan purkaa komponentteina osiin tai siirtää. Komponenttien uudelleenkäyttö on mahdollista vain, jos ne voidaan purkaa rakennuksesta ehjänä. Samoin siirrettävyyden ehtona on myös ehjänä purkaminen. Uudelleenkäytettäväksi suunnittelun ensisijainen tarkoitus on mahdollistaa uudelleenkäytettävyys. (2.)

Merkittävä tekijä purettavuuden ja uudelleenkäytön kannalta on myös joustavuuden alta löytyvä muunneltavuus (kuva 2). Jos rakennuksen käyttöaste ei vastaa enää suunniteltua, voidaan käyttämättömät tilat purkaa ja käyttää paremmassa tarkoituksessa. Raahesta löytyy kohde, jonka perus-

korjauksen yhteydessä purettiin tarpeettomiksi käyneet isot asunnot kerrostalon ylimmistä kerroksista. Ehjänä purettuja osia pystyttiin uudelleenkäyttämään piharakennuksina, autokatoksena sekä lähialueen maatalousrakennuksissa. (9.)

Policy Brief -artikkelia varten tehtyjen pohjoismaisten viranomaishaastattelujen mukaan on ollut epäselvyyttä, kuuluuko uudelleenkäytettävien rakennusosien olla CE-merkittyjä vai kuuluvatko ne kansallisen sääntelyn piirin (8). Uuden tulkinnan myötä uudelleenkäytettävät rakennusosat eivät tarvitse uutta CE-merkintää, sillä nykyinen EU:n rakennetuoteasetus (305/2011) koskee lähtökohtaisesti uusia tuotteita. Tämä tarkoittaa sitä, että uudelleenkäytettävät rakenneosat tulee todentaa käyttökelpoisiksi rakennuspaikkakohtaisesti. Käyttökelpoisuuden varmistamiseksi tuotteen tai osan ominaisuudet on testattava, jota varten on määriteltävä menettelyohjeet. (10.)

EU on rahoittanut kansainvälistä ReCreate-hanketta, jossa tutkitaan olemassa olevien betonielementtien ehjänä purkamista ja kuinka siitä voidaan tehdä tuottavaa liiketoimintaa. Vaikka hanke keskittyykin olemassa olevaan rakennuskantaan, sillä voidaan odottaa olevan ohjausvaikutusta myös uusien rakennusten uudelleenkäytettäväksi suunnittelun ohjeistukseen. (11.)

2.2 Uudelleenkäytettäväksi suunnittelu Suomessa ja maailmalla

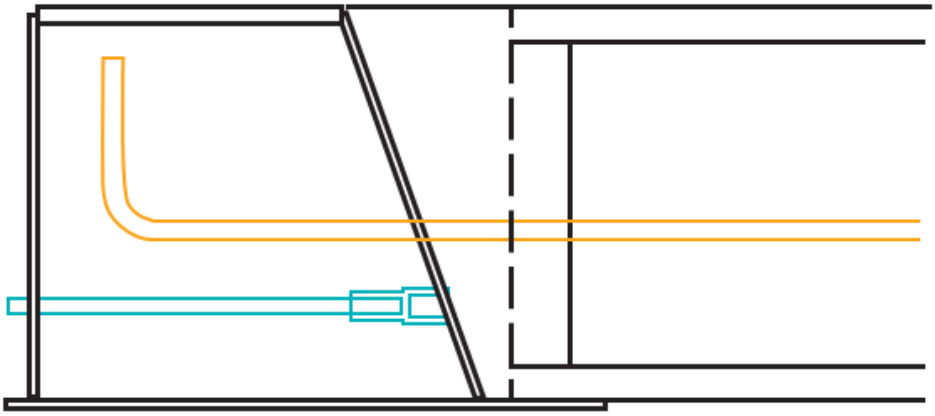
Suomessa on olemassa kohteita, joissa on hyödynnetty jo olemassa olevia rakenteita. Vuonna 1975 Helsingistä siirrettiin betoninen hallirakennus Turkuun, Orikedon teollisuusalueelle. Halli on ensimmäisen kerran rakennettu vuonna 1962 ja se on suunniteltu alun perin siirrettäväksi rakennukseksi. Hallia pidetään kiertotalouden edelläkävijänä Suomessa. Hallin siirrettävyyden mahdollisti sen yksinkertainen pilaripalkkijärjestelmä, jossa liitokset ovat yksinkertaisia ja helposti saavutettavissa. (Kuva 3.) (12.)

KUVA 3. Siirrettävän hallin pilari-palkki-liitos (12, s. 53)

Tanskassa on rakenteilla kohde, joka on suunniteltu uudelleenkäytettäväksi ja kiertotalous huomioiden. Circle House on Lisbjergin esikaupunkialueella Århusissa sijaitseva 60 asunnon kohde, jota tuetaan julkisesti. Kohde on toiminut ikään kuin pilottihankkeena kiertotalouden lisäämiseksi rakennusalalla ja sitä on ollut suunnittelemassa useita tanskalaisia arkkitehti- ja suunnittelutoimistoja. Rakennukset on suunniteltu betonielementtirakenteisiksi. (13.)

Peikko Group Oy on tehnyt yhdessä Consolis Parman kanssa vuonna 2021 pilottihankkeen, jossa tutkittiin kantavien rakenteiden välisten liitosten purettavuutta ja uudelleenasentamista betonirakenteisessa pilari-palkkijärjestelmässä. Pilottihankkeen betonipilareiden korkeus oli 3 m ja rungon sivumitat 6 m x 8 m. Tutkittavina liitoksina oli pilareiden liitokset anturaan ja palkkiin sekä ontelolaatan ja palkin välinen liitos. (14.)

Hankkeessa käytettiin kahta erilaista liitostyyppiä ontelolaatan ja palkin välillä: toisessa käytettiin juotosbetonia ja toisessa ei (14.) Uudelleenkäytettävyys varmistettiin lisäämällä palkin sisälle ylimääräiset raudoitteet, joka suojattiin juotosbetonilta. Kuvassa 4 vasemmalla on DELTABEAM®-palkki ja oikealla ontelolaatta. Sinisellä on kuvattu lisäraudoite, johon uudelleen käytettäessä voidaan kiertää ontelolaattaan menevät raudat. Oranssilla on kuvattu ensimmäisessä vaiheessa käytettävä raudoitus, joka purettaessa sahattiin poikki. (Kuva 4.) (15.)



KUVA 4. DELTABEAM® ja ontelolaatan liitos (14, s. 8)

Pilarin liitoksissa ei tarvittu lisäraudoitusta, vaan ne pystyttiin toteuttamaan yleisesti käytössä olevien pilarikenkien ja ankkuripulttien avulla. Palkin irrottaminen tapahtui avaamalla ankkuripulttien mutterit ja nostamalla palkki irti. Pilarin irrotus tapahtui vastaavalla tavalla: kiertämällä mutterit irti pilarikengistä ja nostamalla elementti irti. (15.)

Peikon aikaisemmin tekemässä purettavuuskokeessa vuonna 2019 todettiin, että kovettuneen juotosvalun pystyy poistamaan betonielementistä vahingoittamatta sitä, minkä vuoksi 2021 vuoden hankkeessa juotosvalun tartunnan estämiseksi ei käytetty lisätoimenpiteitä. Jälkimmäisessä hankkeessa todettiin uudelleenkäytön olevan taloudellista ja ympäristöystävällisistä. (14.)

3 UUDELLEENKÄYTETTÄVÄKSI SUUNNITTELU RAKENNESUUNNITTELUN NÄKÖKULMASTA

Uudelleenkäytettäväksi suunnittelun toteuttamisessa täytyy kiinnittää erityistä huomioita seuraaviin asioihin:

1) materiaalien ja purkumenetelmien oikeellinen dokumentointi: dokumentaatio on erityisen tärkeää, jotta purku tapahtuu suunnittelulla tavalla ja materiaalit saadaan takaisin kiertoon

2) purkutyötä helpottavien liitosten suunnittelu: liitokset tulisi suunnitella niin, että kemikaalisia ja hitsiliitoksia olisi mahdollisimman vähän ja mekaanisia liitoksia, kuten naula- ja pulttiliitoksia enemmän

3) järjestelmien, joita ei voi kierrättää tai hyötykäyttää, erottaminen rakenteista: pintarakenteet ja installaatiot tulee pitää erillisinä, jotta kantavat rakenteet, joiden käyttöikä voi olla 60–200 vuotta, voidaan purkaa ja uudelleenkäyttää

4) yksinkertaisten rakenteiden suunnittelu, joka mahdollistaa komponenttien dimensioiden vakioinnin: yksinkertaiset rakenteet ovat helpompia huoltaa ja ylläpitää verrattuna monimutkaisiin rakenteisiin. Lisäksi vakioidut komponentit tekevät niiden uudelleenkäytöstä helpompaa

5) suunnittelu, joka huomioi työmenetelmät, tuottavuuden ja turvallisuuden: rakennus, joka on suunniteltu purettavuus huomioiden, tulee olla toteutettavissa ja purettavissa turvallisesti ja tuottavasti. (6.) (Kuva 5).

KUVA 5. Uudelleenkäytettäväksi suunnittelussa huomionarvoiset asiat (6)

3.1 Uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteet

Kestävästä rakentamisesta on laadittu kansainvälinen standardi ISO 20887. Standardissa on yhdistetty uudelleenkäytettäväksi suunnittelu (DfD) joustavuuden (adaptability) kanssa, jolloin ne muodostavat yhden kokonaisuuden DfD/A. Standardi koskee kaikkia rakennushankkeita ja siinä määritetään DfD/A:n periaatteet, vaatimukset ja ohjeistus. Standardissa määritettävät periaatteet voidaan jakaa purettavuuteen ja joustavuuteen. Tässä työssä keskitytään uudelleenkäytön mahdollistavaan purettavuuteen, jolla on standardissa määritetty seitsemän pääperiaatetta (kuva 5). Standardia ei ollut saatavilla kirjoittamishetkellä suomenkielisenä. (16.)

KUVA 6. Uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteet (16)

3.2 ISO 20887 -standardin ehjänä purkaminen

Standardin ehjänä purkamisen tai uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteet koskevat sellaisia rakennuksia, jotka voidaan ehjänä purkaa elinkaarensa lopussa tai sellaisen korjaushankkeen yhteydessä, jonka tarkoituksena on komponenttien uudelleenkäyttö samassa tai toisessa tarkoituksessa. (16.)

Komponenttien ja järjestelmien saavutettavuus

Saavutettavuuden huomioiminen suunnittelussa mahdollistaa pääsyn materiaaliin, komponenttiin, tai liitokseen mahdollisimman pienellä vaivalla, hajottamatta kokoonpanoa. Sillä pyritään minimoimaan aika, jota käytetään osien vaihtoon tai järjestelmien päivittämiseen. (16.)

Saavutettavuus on lähellä riippumattomuutta ja sen voidaan ajatella muodostuvan erilaisista rakenteen tai rakennuksen ”kerroksista”, joilla on eri käyttöikä. Ehjänä purkamisen näkökulmasta saavutettavuudella tarkoitetaan sitä, että rakenteiden liitokset ovat näkyvillä ja niiden ympärille on jätetty tarpeeksi tilaa purkutyökalujen käyttöä varten. (16.)

Riippumattomuus

Riippumattomuus on ominaisuus, joka mahdollistaa osan, komponentin, moduulin ja järjestelmän irrottamisen tai päivittämisen vaikuttamatta rakenteeseen, josta se irrotetaan. Riippumattomuutta tavoitellessa on erityisen tärkeää kiinnittää huomiota rakennuksen eri käyttöiän omaaviin kerroksiin, jotta lyhyemmän käyttöiän omaavat kerrokset voidaan tarvittaessa vaihtaa tai päivittää.

Rakennuksissa voidaan ajatella olevan kolme pääkerrosta: kantavat järjestelmät, mekaaniset ja sähköiset järjestelmät sekä varustelut ja pinnat. Kantavilla järjestelmillä tarkoitetaan rakenteita, joita ilman rakennus ei pysyisi pystyssä, kuten perustuksia, seiniä ja jäykisteitä. Mekaanisiin ja sähköisiin järjestelmiin kuuluu muun muassa putket, kaapelit ja hissit. Varusteluilla ja pinnoilla tarkoitetaan kaikkea muuta, kuten kiintokalusteita ja lattiapinnoitetta. (16.)

Tarpeettomien pinnoitteiden ja pintakäsittelyjen välttäminen

Pinnoitteen tai pintakäsittelyn käyttö voi rajoittaa uudelleenkäytettävyyttä, jos ne sisältävät mahdollisesti haitallisia aineita. Pinnoitetta tai pintakäsittelyä pitää käyttää vain tarpeen vaatiessa, kuten palon- tai korroosion suojausaineena. Pinnoitteiden sijaan rakenteet tulee suojata käyttäen kierrätettyä tai uudelleenkäytettävää materiaalia, jotka omaavat luonnostaan sellaiset ominaisuudet kuin vastaavat pintakäsittelyt tai pinnoitteet. (16.)

Kiertotalouden talousmallien tukeminen

Kiertotalouden talousmallit voidaan jakaa viiteen kategoriaan: uudelleenkäytettävyys, kunnostettavuus, uudelleenvalmistus, kierrätettyjen materiaalin lisääminen ja kierrätettävyys. Uudelleenkäytettävyys tarkoittaa, että materiaali, tuote, komponentti tai järjestelmä voidaan käyttää sellaisenaan useamman kuin yhden kerran. Kunnostettavuudella tarkoitetaan tuotteen tai rakennuksen ominaisuuksien palauttamista sille tasolle, että käyttöä voidaan jatkaa. Kierrätettävyys on komponenttien, osien tai materiaalien erottamista toisistaan ja niiden käyttämistä uudelleen. Kun suunnittelussa

huomioidaan kiertotalouden talousmallit, voidaan ajatella uudelleenkäytettäväksi suunnittelun tuottavan resursseja uusiin rakennusprojekteihin. (16.)

Yksinkertaisuus

Yksinkertaisuus on kokoonpanon tai järjestelmän ominaisuus, joka on suunniteltu mahdollisimman suoraviivaiseksi, helposti ymmärrettäväksi ja saavuttamaan sille asetetut suorituskykyvaatimukset mahdollisimman vähällä muokkauksella. (16.)

Yksinkertaisuuden periaatteena on käyttää mahdollisimman vähän erilaisia elementtejä, komponentteja tai materiaaleja. Yhtenä yksinkertaisuuden tavoitteista on poistaa esteitä uudelleenkäytettävyyteen, esimerkiksi käyttämällä vain vakioituja yksinkertaisia liitoksia. (16.)

Vakiointi

Vakioinnin avulla voidaan luoda yleisiä komponentteja, tuotteita tai prosesseja, jotka saavuttavat useita eri vaatimuksia. Vakiointi mahdollistaa osaltaan yksinkertaisuutta, joustavuutta ja uudelleenkäytettävyyttä. Vakioinnin tulee kiinnittää huomioita seuraaviin: dimensiot, komponentit, liitokset, modulaarisuus. Moduulinen suunnittelu, komponentit ja esiasennetut kokoonpanot, jotka ovat yhteensopivat toistensa kanssa, mahdollistavat uudelleenkäytettävyyden. (16.)

Purkamisen turvallisuus

Purkamisen turvallisuudella on tärkein painoarvo. Jokainen osa, moduuli tai järjestelmä, joka puretaan, tarvitsee purkusuunnitelman, joka tehdään ennen varsinaista purkua. Uudelleenkäytettäväksi suunnitellessa tulee huomioida suunnitelmien saatavuus, jotta tieto on saatavilla ja täydennettävissä koko rakennuksen elinkaaren ajan. Suunnitelmien täydennettävyys tulee esiin tilanteessa, jossa rakennuksesta puretaan vain osa tai päivitetään taloteknisiä järjestelmiä. (16.)

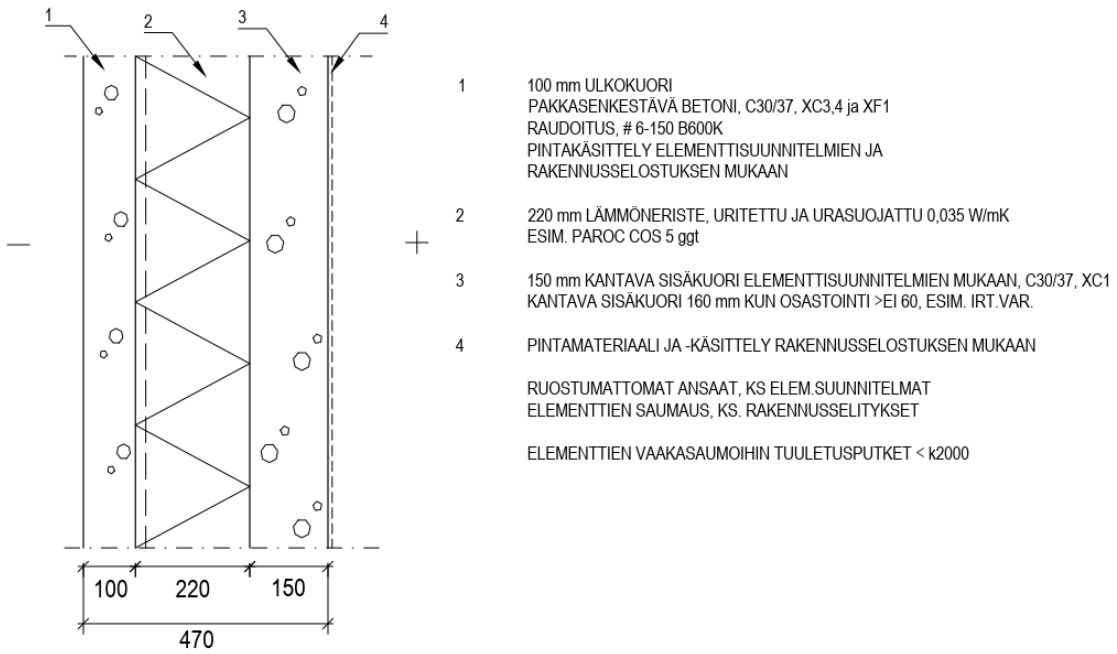
4 CASE: BETONIELEMENTTIRAKENTEINEN ASUINKERROSTALO

Tutkimuskohteena käytettiin Oulussa 2020-luvulla valmistunutta asuinkerrostaloa, johon kuuluu kahdeksan kerrosta, kellari ja iv-konehuone vesikatolla. Rakennus on maanvaraisesti perustettu ja sen alapohja on maanvarainen betonilaatta. Rakennuksen runko on pääosin elementtirakenteinen ja sen jäykistävät seinärakenteet ovat betonielementtejä. Rakennuksen suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta ja sen seuraamusluokka on CC3. Tässä työssä tutkittiin ainoastaan betonielementtejä ja niiden liitoksia, paikallavaletut ja -rakennetut rakenteet rajattiin työstä pois.

Tutkimuksessa tutkittiin, miten nykyisistä liitoksista saataisiin helpommin purettavia ja uudelleenkäytettäviä. Työssä ei keksitty liitoksia uudestaan, vaan tavoitteena oli muokata olemassa olevia ratkaisuja enemmän uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteiden suuntaan. Työssä esitellään myös uusia liitosratkaisuja ja pohditaan niiden soveltuvuutta uudelleenkäytettäväksi suunnitteluun sekä niiden ongelmia.

4.1 Rakennetyypit

Tutkimuskohteen seinärakenteena on kantava ja ei-kantava sandwich-seinäelementti. Sandwich-seinäelementissä säärasitukselle altis pinta on sidottu kantavaan sisäkuoreen eristekerroksen läpi (kuva 7). Elementin uudelleenkäyttöpotentiaali on hyvä ja ehjänä purettaessa sandwich-elementin pystyy käyttämään uudestaan sellaisenaan. (17.)



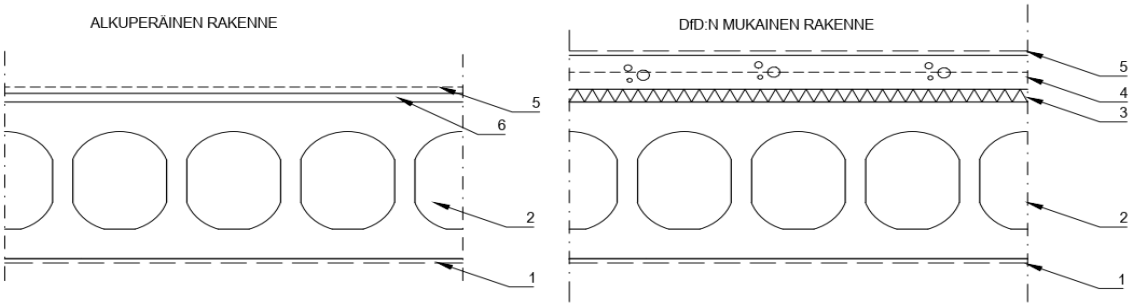
KUVA 7. Kantava seinärakenne

Käyttämällä eristettyä sisäkuorielementtiä, johon jälkikäteen asennetaan julkisivupinta, saadaan elementti, joka on helpommin tehdaskunnostettavissa kuin sandwich-elementti. Sisäkuorielementtiä uudelleen käytettäessä voidaan tarvittaessa lisäeristää ja käyttää erilaista julkisivuratkaisua, jolloin siitä saadaan helpommin muokattua mahdollisesti tiukentuvien eristevaatimusten mukaiseksi. (18.)

Väliseinäelementit ovat helpoiten uudelleenkäytettävissä ja tehdaskunnostettavissa. Ne ovat sisätiloissa, jolloin ne eivät ole alttiina sään aiheuttamalle rasitukselle (kuva 8). Väliseinissä ei ole ikkunoille tarkoitettuja reikiä, ainoastaan muutamissa oviaukot. Väliseinäelementit voidaan käyttää uudelleen samassa käyttötarkoituksessa tai niihin voi lisätä eristyksen ja julkisivujärjestelmän, jolloin ne voidaan käyttää myös ulkoseinänä. (17.)

KUVA 8. Kantava väliseinärakenne

Tutkimuskohteen välipohjaratkaisuna on ontelolaatta, jonka päällä on yleensä 20–30 mm tasoite, mikä vaikeuttaa ontelolaatan ehjänä purkamista. Uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteiden mukainen ratkaisu on kelluva pintalaatta, jolloin ontelolaatan päällä on eristekerros ja sen päällä pintalaatta. (Kuva 9.) Kelluvassa pintalaatassa kulutukselle altis rakenne ja kantava rakenne on eroteltu toisistaan DfD:n periaatteiden mukaisesti. Eristekerroksen alla myös ontelolaattaan lisättävät nostolenkit pysyvät suojassa tasoitebetonilta, jolloin ne ovat helpommin saatavilla purkuvaiheessa.



1	PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY RAKENNUSSELOSTUKSEN MUKAAN,
2	370 mm ONTELOLAATTAELEMENTIT RAKENNESUUNNITELMIEN MUKAAN
3	30 mm ERISTEKERROS
4	≥80 mm TERÄSBETONILAATTA, BY45 / BLY7 MUKAAN LUOKKA A-3-III. IRROTETAAN PYSTYRAKENTEISTA ESIM. POLYETEENI-MATTOKAISTALLA. RAUDOITUS KESKEINEN VERKKO 6-150 B500K. PIELITERÄKSET 1T10 VALUALUEEN YMPÄRI SEKÄ TYÖ- JA LIIKUNTASAUMOISSA. PINTARAKENTEET JAETAAN n. 6 * 6 m^2 RUUTUIHIN. SUODATINKANGAS N2
5	15mm PINTAMATERIAALI JA -KÄSITTELY RAKENNUSSELOSTUKSEN MUKAAN, ESIM. TUPLEX + PARKETTI
6	20 mm PUMPPUTASOITE

KUVA 9. Välipohjaratkaisujen vertailu

4.2 Runkodetaljit elementtiliitoksille

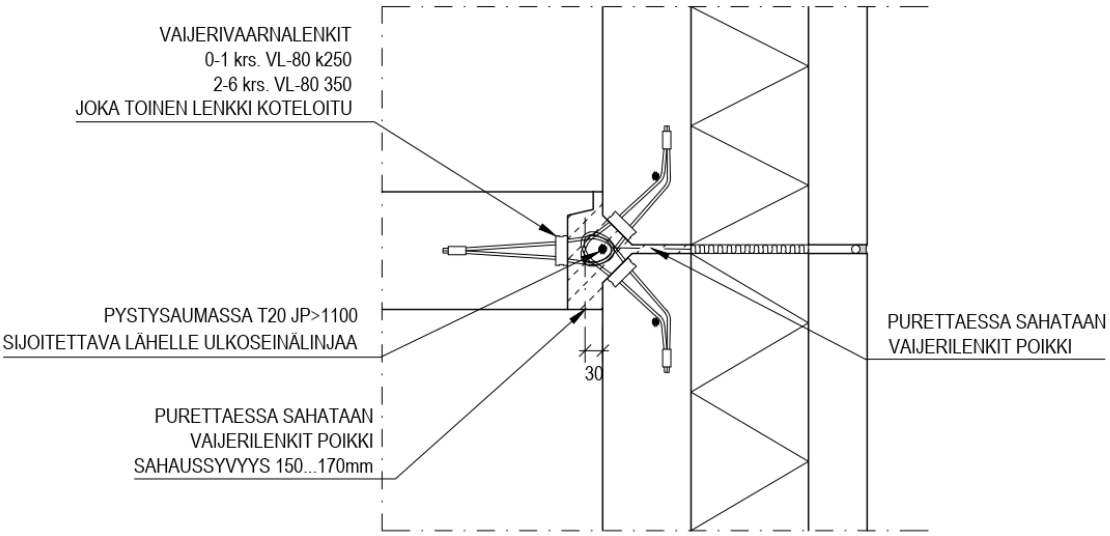
Tutkimuksessa liitokset on jaettu kolmeen ryhmään: seinäliitoksiin, laattaliitoksiin ja parvekeliitoksiin. Seinäliitoksissa tutkittiin vain seinien liitoksia toisiin seiniin, kuten ulkoseinän ja väliseinän liitosta. Laattaliitoksissa tutkittiin laattojen liittymistä toisiinsa ja seiniin, esimerkiksi ontelolaatan ja kantavan ulkoseinän liitosta. Parvekeliitoksissa tutkittiin parvekepielien ja parvekelaatan liitoksia sekä niiden liittymistä muihin rakenteisiin.

Tutkimuskohteessa on käytetty elementtisuunnittelussa yleisesti käytössä olevia ratkaisuja. Seinäliitoksissa on käytetty sidontapistekoloja sekä vaijerilenkkejä ja parvekelaatan liitoksessa on käytetty parvekesaranaa. Parvekkeen pielielementti on sisäkierrehylsyn ja kierretangon avulla liitetty parvekelaattaan ja ontelolaatassa on jatkuvan sortuman mukaiset saumateräkset. (19.)

4.2.1 Seinäliitokset

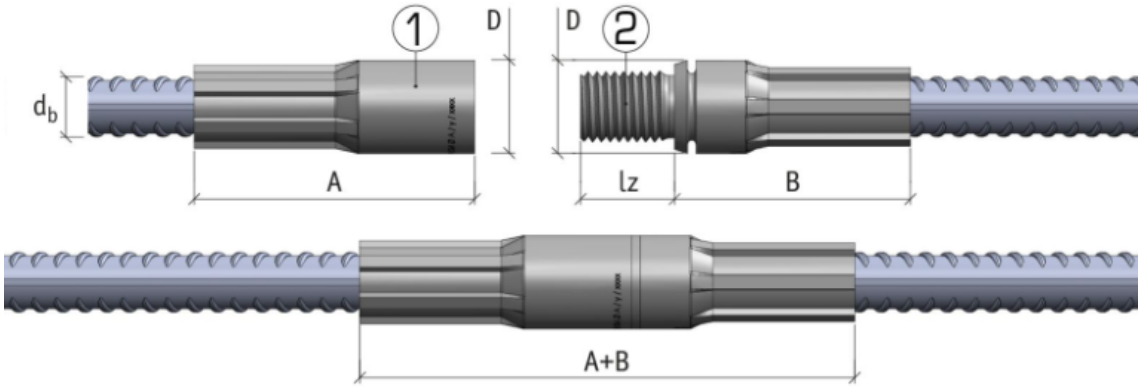
Viereisten seinien liitoksessa on käytetty vaijerilenkkejä, saumaterästä ja juotosbetonia, joista saumateräkset ja juotosbetoni asennetaan vasta työmaalla. Työmaalla tehdyt asennukset joudutaan purkamaan rikkomalla, jolloin niiden osalta uudelleenkäyttö on mahdotonta ja ne tulee kierrättää. Juotosvalua ja saumaterästä purkaessa myös vaijerilenkit joudutaan katkomaan, jolloin uudelleenkäyttö vaatisi lenkkien korjaamisen. Vaijerilenkkien palasten etsiminen juotosbetonin seasta ja niiden hitsaaminen takaisin paikoilleen tulisi olemaan erittäin työlästä. Näin ollen uudelleenkäytön mahdollistamiseksi tulisi elementtiin lisätä ylimääräiset vaijerilenkit.

Tutkimuskohteessa vaijerilenkkejä oli tiheimmillään 500 mm välein, jolloin vaijerilenkkien määrän pystyy kaksinkertaistamaan elementeissä. Tällöin vaijerilenkkien etäisyys toisistaan olisi 250 mm, mikä on vaijerilenkkiohjeen mukaan vähimmäisetäisyys (20). Kaksinkertaistamalla vaijerilenkkien määrän, voidaan joka toinen vaijerilenkki jättää koteloiduksi, jolloin purkaessa sahaus ei tuhoa niitä ja ne voidaan uudelleenkäytettäessä hyödyntää. Purkamista helpottamaan tulisi saumateräs sijoittaa epäkeskeisesti liitokseen, jottei se ole sahauslinjalla. (Kuva 10.)



KUVA 10. Seinäliitosperiaate (liite 1, s. 3)

Päällekkäisten seinien liitoksessa on käytetty ylemmässä elementissä olevaa sidontapistekoloa sekä alapuolisen elementin yläosassa olevaa terästankoa. Sidontapistekolo valetaan työmaalla umpeen. Elementtien välissä on yleensä noin 20 mm:n sauma. Ehjänä purkaessa elementit sahataan irti toisistaan sauman kohdalta, jolloin terästanko menee poikki. Uudelleenkäytön mahdollistamiseksi teräksen kohdalle elementin yläpintaan asennetaan raudoitusjatkososa (kuva 11), josta poikki sahattu terästanko voidaan ruuvata irti ja korvata uudella.

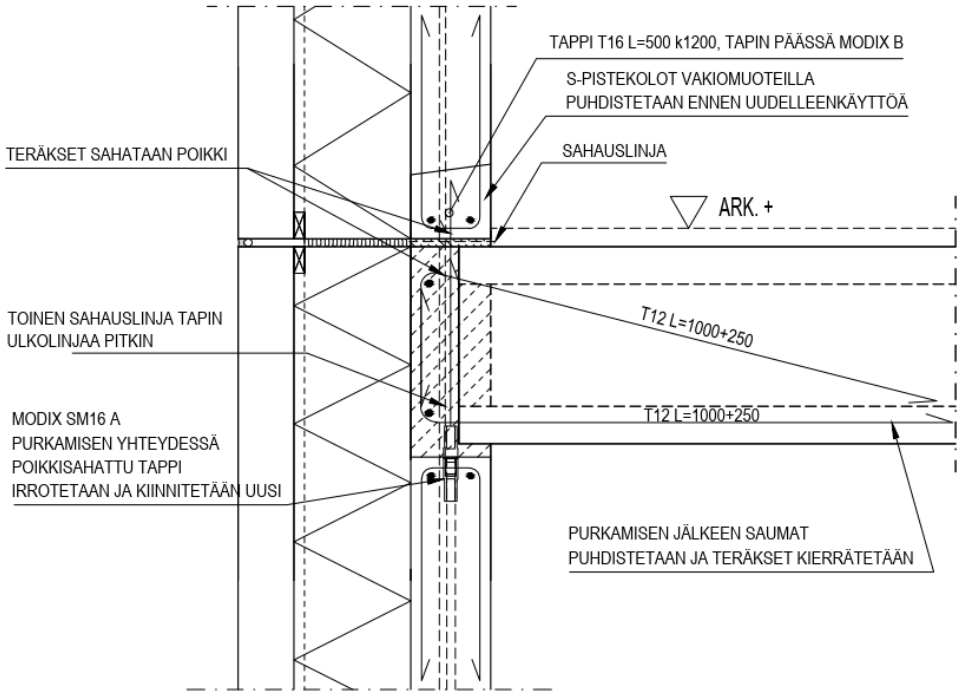


KUVA 11. MODIX®-raudoitusjatkos (21)

4.2.2 Laattojen liitokset

Laattojen liitoksissa tutkittiin ontelo- ja porrastasolaattojen kantavia ja ei-kantavia liitoksia. Ontelolaattojen ei-kantavassa suunnassa liitoksessa käytettiin vaijerilenkkejä sekä rengasteräksiä ja kantavassa suunnassa saumateräksiä. Laattaliitoksissa ei tarvinnut tehdä suuria muutoksia detaljikkaan, jotta laatoista saadaan uudelleenkäytettäviä.

Kantavan ulko- tai väliseinän ja ontelolaatan kantavan suunnan liitoksissa ontelolaatta lepää 60 mm seinän päällä ja on saumoistaan sidottu seinärakenteeseen. Seinäelementin yläpinnassa on yleensä kahden mittaisia terästankoja: lyhyempiä käytetään vain ontelolaataston sidontaan ja pidempiä myös ylemmän seinän sidontaan. Teräksien takaa kiertää rengasteräkset, johon ontelolaatasto sidotaan saumaterästen ja juotosbetonin avulla. Ontelolaatassa itsessään ei ole mitään mikä pitäisi rikkoa, jotta purkaminen olisi mahdollista. Purkaessa saumat sahataan auki ja teräkset poistetaan, jolloin ontelolaatan voi puhdistamisen jälkeen käyttää uudelleen. (Kuva 12.)

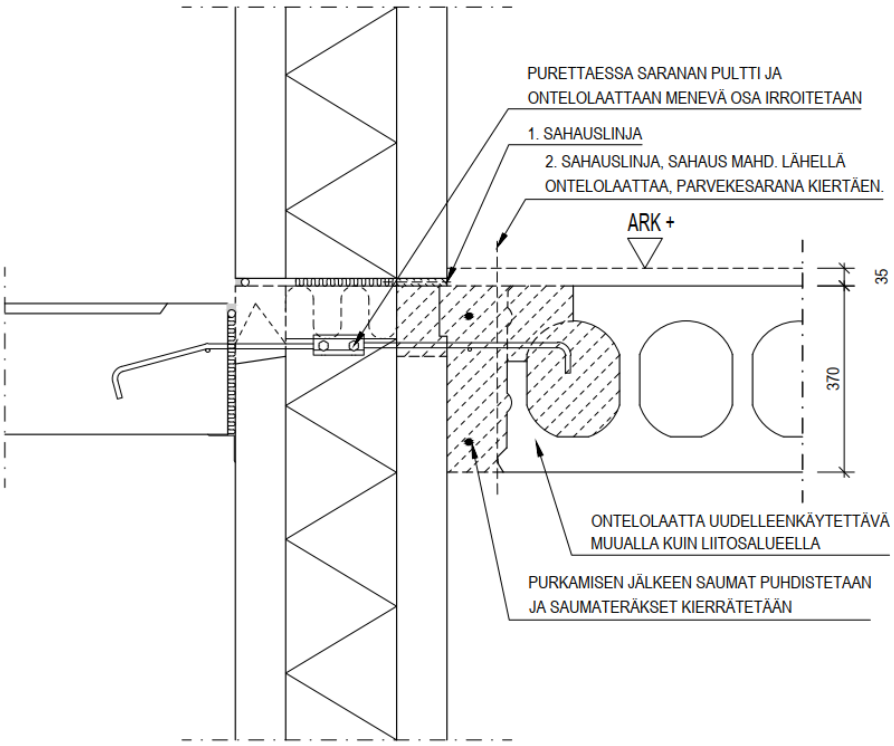


KUVA 12. Ontelolaatan kantavan suunnan ja seinän liitos (liite 1, s. 6)

4.2.3 Parvekeliitokset

Parvekeliitoksiin kuuluvat parvekelaatan, -pielen sekä -pilarin liitokset. Parveke-elementtien liitokset on toteutettu muista elementeistä poikkeavalla tavalla. Liitoksissa käytetään elementtien nostoosia tai parvekkeille suunniteltuja valmisosia. Juotosbetonia käytetään samaan tyyliin kuin muissakin liitoksissa, mutta saumateräksiä on vähemmän, jos ollenkaan.

Parvekkeissa ainoastaan parvekelaatta on sidottu kiinni rakennukseen. Liitos on toteutettu valmisosaa käyttämällä, mikä tekee siitä helposti uudelleenkäytettävän. Valmisosa on kiinnitetty parvekelaattaan ja se lepää ulkoseinän päällä ja on toisesta päästään sidottu ontelolaattaan sen ei-kantavassa suunnassa. Purettaessa valmisosasta irrotetaan ontelolaattaan menevä osa, jolloin laatta ei ole enää sidottu seinään tai ontelolaattaan. Uudelleenkäytettäessä uusitaan vain ontelolaattaan menevä osa. (Kuva 13.)



KUVA 13. Parvekeliitos (liite 1, s. 20)

Parvekepieli on sidottu parvekelaattaan ylä- ja alaosastaan. Yläosan liitos on toteutettu elementtien nostolenkkien avulla. Nostolenkit sidotaan parvekelaattaan pujottamalla ne laatoissa olevien U-lenkkien läpi ja juottamalla liitos betonilla umpeen. Alaosa sidotaan laattoihin ruuvaamalla pielen

alaosassa olevaan sisäkierrehylsyyn pultit ja juottamalla pultit kiinni laattojen väliin, U-lenkkien yläpuolelle.

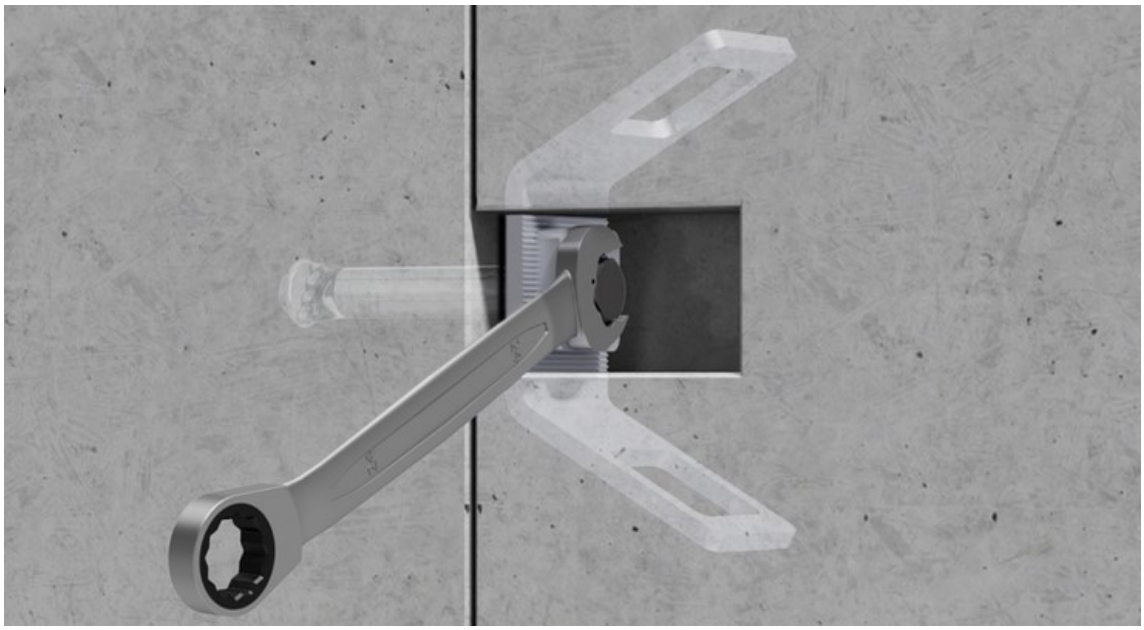
Purkaessa toisen laatan U-lenkit ja pielen alaosan pultit joudutaan sahaaman poikki. Uudelleenkäytettäessä laattaan täytyy injektoida uudet U-lenkit ja ruuvata pieleen uusi pultti. Muut elementit ovat puhdistuksen jälkeen uudelleenkäytettävissä sellaisenaan. Parvekepielen ja ulkoseinän liitoksessa on palonauha ja -kittaus, jotka uudelleenkäytettäessä uusitaan.

Parvekkeisiin kuuluvat myös pilarit, jotka liittyvät parvekelaattaan ylä- ja alaosasta. Yläosan liitoksessa hyödynnetään nosto-osaa, joka parvekepielen tavoin juotetaan betonilla parvekelaatassa olevaan reikään. Samoin pilarin alaosan kiinnitys tapahtuu pielen tavoin, sisäkierrehylsyn ja pultin avulla, valamalla ne parvekelaatan reikään. Purkaessa pultti joudutaan sahaamaan poikki ja uusimaan, mutta nosto-osan voi purkaa poraamalla lieriöporalla nosto-osan ympäriltä ja puhdistamalla osa.

4.2.4 Vaihtoehtoiset uudet liitokset

Seinien välisten liitosten täysin ehjänä purkaminen ei ole näillä liitoksilla mahdollista. Liitoksissa on myös käytetty juotosbetonia, jota tulisi uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteiden mukaan välttää. Vaikka Peikon ja Parman tekemien tutkimusten perusteella juotosbetonin purkaminen ei ollut haastavaa, hidastaa se silti purkutyötä ja lisää elementtien vaurioitumisriskiä (15). Jotta liitoksista saataisiin täysin uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukaisia, tulisi liitosten purkaminen olla mahdollista niitä hajottamatta. Se vaatii tuotekehittäjiltä uusia tuotteita, joilla korvata esimerkiksi vaijerilenkkien ja juotosbetonin liitoksen sekä suunnittelijoilta rohkeutta käyttää uusia tuotteita.

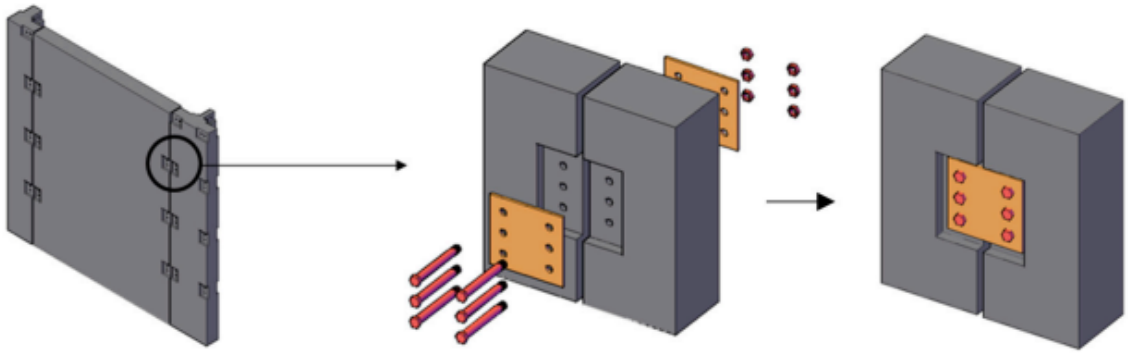
Halfen on valmistanut ulkomaille vaijerilenkkejä korvaavaa pulttiliitosta, jota Leviat AB on nyt markkinoinut Suomessa (22). Liitokseen ei tarvita juotosbetonia ja se kykenee siirtämään veto- ja leikkausvoimia. Liitoksessa on toisessa elementissä vastakappaleena ankkurikisko tai valuankkuri ja toisessa HEK-elementtiliitoskappale. Liitoskappaleen läpi asennetaan pultti aluslevyineen. Aluslevyssä ja liitoskappaleessa on sahalaitapinta, jonka avulla varmistetaan oikea kiinnitys. Elementtiin, jossa liitoskappale on, jätetään aukko, josta pultin voi ruuvata toiseen elementtiin kiinni. (Kuva 14.)



KUVA 14. Halfen HEK-elementtiliitoskappale (22)

Halfenin elementtiliitososalla voitaisiin korvata myös muita liitoksia, kuten seinäelementtien ylä- ja alaosan liitos. Liitoksessa betonielementit ruuvataan kiinni toisiinsa, jolloin seinien väliin ei saa ontelolaattaa mahtumaan. Liitos vaatii seinäelementeille erillisen ulokkeen, johon ontelolaatat voidaan tukea. Elementtien väliin voi tarvittaessa laittaa välikappaleen, jolloin betonipinnat eivät puristu toisiaan vasten. Liitososaan kuuluu myös muovinen kappale, jolla voi peittää elementissä olevan kiinnitysaukon. (23.)

Vuonna 2019 on tehty tutkimusta toisesta vaijerilenkkejä korvaavasta pulttiliitoksesta, jossa ei ole käytetty juotosbetonia. Liitos on aidosti uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukainen, sillä pultit voidaan purkaa niitä hajottamatta. Tutkimuksessa käytetty rakennejärjestelmä ei ole Suomessa laajemmin käytetty, eikä siinä käytetä Suomessa suosittuja ontelolaattoja. Tutkimuksessa on käytetty erillisiä pilareita, joihin seinä- ja laattaelementit liitetään. Liitoksessa kaksi elementtiä yhdistetään kahdella pohjalevyllä ja liitokseen vaikuttavista voimista riippuvalla pulttien määrällä. Elementeissä on syvennykset pohjalevyjä varten. Kuvan liitosta voidaan käyttää myös elementtien ylä- ja alaosan sidonnassa sekä vanhojen elementtien uudelleenkäytössä. (Kuva 15.) (24.)



KUVA 15. Väliseinän pulttiliitos (24)

Ilman juotosbetonia olevat liitokset aiheuttavat ongelman tiiveyden ja palonkestävyyden näkökulmasta. Betoni on erinomainen suojaamaan liitosta palolta, ja samalla se on tehnyt liitoksesta myös tiiviin. Näissä kuivissa liitoksissa, joissa ei käytetä juotosbetonia, tarvitaan erillinen ratkaisu, joka tekee liitoksesta tiiviin ja palonkestävän. Molemmissa liitoksissa elementtiin on lovettu kolo liitososille, joka pitää peittää myös esteettisistä syistä.

Vaihtoehtoisia uusia ja vanhoja liitoksia vertailua varten laadittiin taulukko, josta näkee liitoksessa siirtyvät voimat sekä onko ehjänä purkaminen mahdollista. Taulukkoon lisättiin myös liitosten hyviä ja huonoja puolia. Taulukosta voidaan helposti nähdä, että liitoksissa siirtyvät samat voimat, eli kaikkia liitoksia voidaan käyttää samoissa käyttötarkoituksessa. Taulukosta nähdään myös, että vanhoista liitoksista vaijerilenkkien ehjänä purkaminen ei ole mahdollista. Vaijerilenkit ovat myös hitaampia asentaa, kuin muut liitokset. Liitoksen hitaus johtuu siitä, että siihen kuuluu betonin valamista. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Seinäliitostyyppien vertailutaulukko

Liitososa	Liitoksen avulla siirtyvät voimat	Hyvät ominaisuudet	Huonot ominaisuudet	Ehjänä purkaminen
Vaijerilenkki	Puristus-, veto ja leikkausvoima	Pitkään Suomessa käytetty, betonin ansiosta palonkestävä ja tiivis	Vaatii juotosbetonia, hidas asentaa muihin verrattuna	Ei mahdollista
HEK-liitososa	Puristus-, veto ja leikkausvoima	Nopea ja yksinkertainen asentaa, yksi pultti/liitos	Uusi ja vähän käytetty liitos	On mahdollista
Pulttiliitos	Puristus-, veto ja leikkausvoima	Nopea asentaa, voi asentaa myös jälkikäteen	Vaatii useita pultteja sekä pääsyn kantavan rakenteen molemmille puolille	On mahdollista

4.3 Tyyppielementit

Tutkimuskohteesta on laadittu tyyppielementit, joiden pohjalta elementtisuunnittelija voi suunnitella kohteen elementit. Tyyppielementtejä on useita, joista 13 tässä työssä tutkitaan. Tyyppielementeissä oli vain ovi- ja ikkuna-aukkoja. Ilmanvaihdon, sähköjen tai viemäröinnin vaatimia aukkoja ei ollut esitetty. Kaikkien tyyppielementtien nosto-osat säilytetään rakentaessa ja purkaessa.

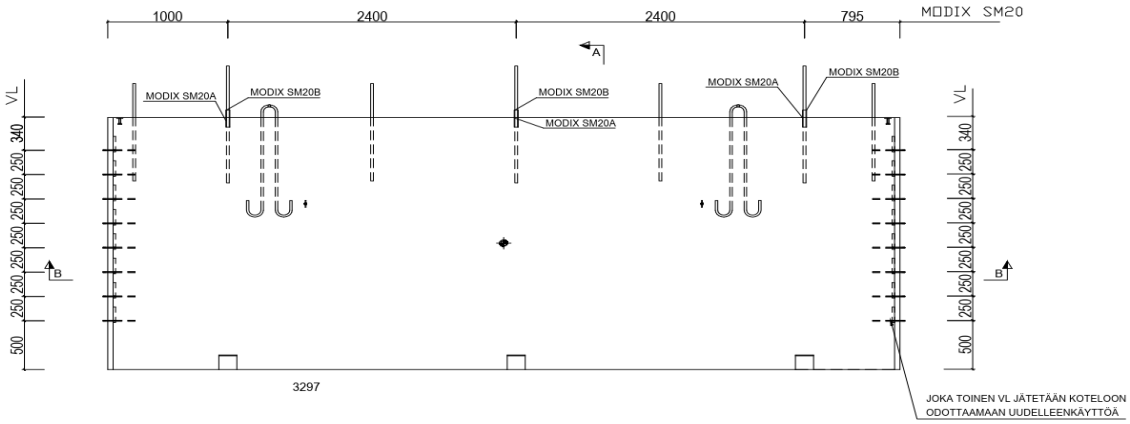
Kaikkien elementtien uudelleenkäyttöprosessiin kuuluu purkaminen sekä puhdistus ja pieneen osaan myös tehdaskunnostus. Tyypillisesti purkaminen tehdään sahaamalla elementit saumoistaan irti, jonka jälkeen elementtien varustelut ja saumat puhdistetaan.

4.3.1 Seinäelementit

Seinäelementteihin kuuluvat ulko- ja väliseinäelementit. Ulko- ja väliseinätyyppielementtejä on molempia neljä erilaista. Ulkoseinäelementeistä on ikkuna-aukollinen, oviaukollinen, niiden yhdistelmä

ja aukoton tyyppielementti. Väliseinäelementeistä on kahdesta kerroksesta kaksi erilaista aukotonta tyyppielementtiä. Väliseinissä on ensimmäisessä ja toisessa kerroksessa tiheämmin vaijerilenkkejä kuin ylemmissä kerroksissa ja osa väliseinistä on kantavia ja osa ei.

Seinissä on yleensä tapit ja vaijerilenkit, jotka joudutaan purkaessa katkaisemaan. Uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukaisessa elementissä tulee pyrkiä siihen, ettei hajottavaa purkamista tehdä. Jos purkamista joudutaan tekemään, tavoitteena on, että purettaessa rikottavat osat voidaan helposti korjata tai korvata. Tappien rikkoutumiseen varaudutaan ruuvattavalla raudoitusjatkoksella (MODIX), joka upotetaan elementtiin. Purkamisen jälkeen tapin paikalle voidaan ruuvata uusi, toivotun mittainen tappi. Ulkoseinien nostolenkit ovat eristetilassa suojassa ja niitä voidaan hyödyntää purkaessa. Väliseinäelementtien nostolenkit ovat juotosbetonin sisällä ja ne joudutaan piikkaamaan esiin ennen elementin siirtämistä. (Kuva 16.)



KUVA 16. Väliseinätyyppielementti (liite 2, s. 6)

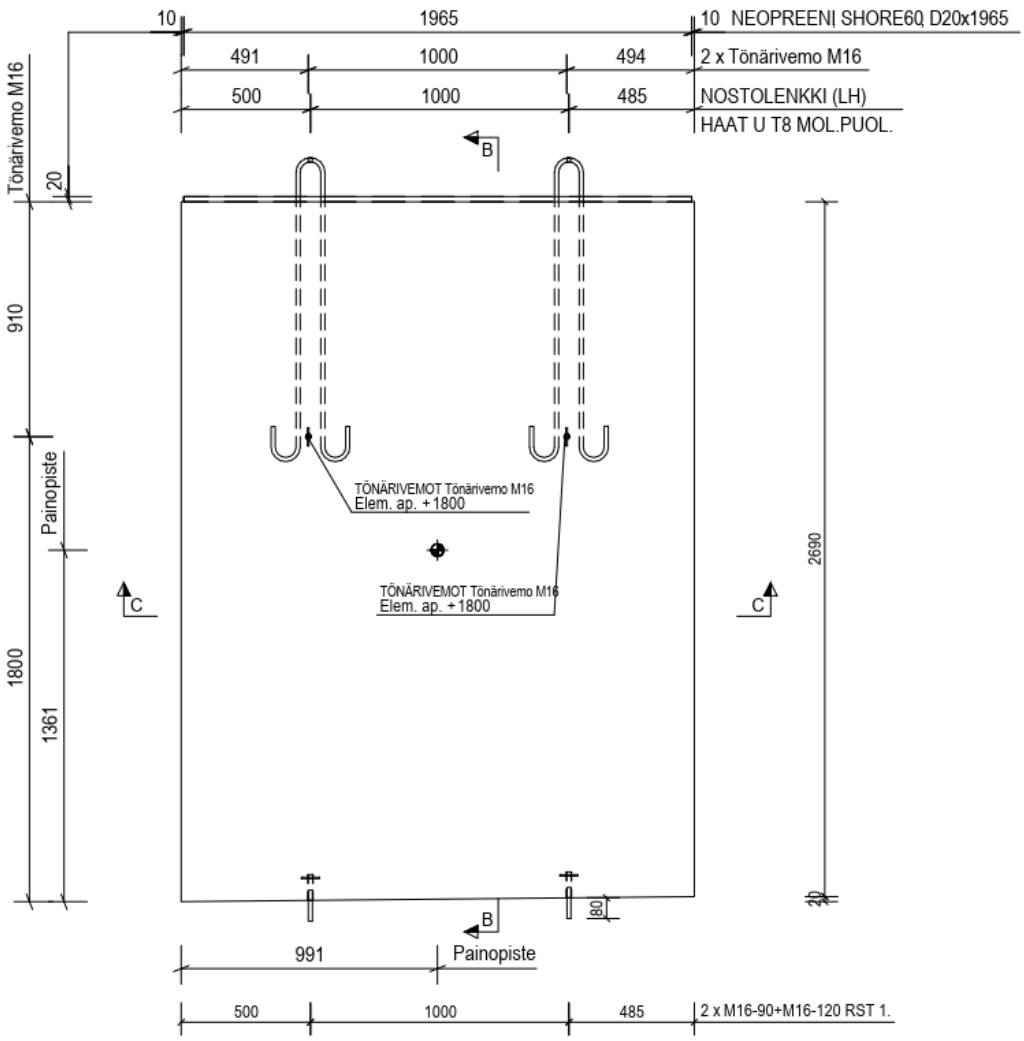
4.3.2 Laattaelementit

Tutkimuskohteessa on elementtirakenteisia parveke-, ontelo- ja porrastasolaattoja. Parveke- ja porrastasolaatoissa on samanlaiset nosto-osat. Ontelolaatoissa ei ole erillisiä nosto-osia, vaan niiden nostot toteutetaan nostosaksia käyttämällä. Nostosaksien käyttö on ollut työturvallisuuden näkökulmasta kritiikin alla ja rakennusliitto onkin suositellut niihin käytettäväksi erillistä nosto-osaa (25). Koska työturvallisuus on yksi uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteista, on erillisen nosto-osan käyttö myös siltä osin uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukainen.

Laattaelementtien nosto-osa koostuu lattaterästartuntaosasta ja sisäkierrehylsystä, joka on hitsattu teräsosaan kiinni. Sisäkierrehylsyyn kierretään nostolenkki noston ajaksi. Ontelolaattojen uudelleenkäytettävyyden parantamiseksi tulee niihin myös upottaa vastaavat nosto-osat. Nosto-osat suojataan käytön ajaksi, jolloin purkaessa niitä voidaan jälleen hyödyntää.

4.3.3 Muut elementit

Laattojen ja seinien lisäksi tutkimuskohteessa on parvekepieli- ja pilarielementtejä. Näissä elementeissä on kiinnitysosia vain ylä- ja alaosassa. Yläosan kiinnityksessä hyödynnetään elementtien nosto-osia. Alaosan kiinnityksessä käytetään sisäkierrehylsyjä ja siihen liitettävää pulttia. (Kuva 17.)



KUVA 17. Parvekepielielementti (liite 2, s. 10)

Molemmat elementit ovat sellaisenaan suhteellisen helposti purettavissa ja uudelleenkäytettävissä. Liitoksissa hyödynnetään ruuviliitosta. Elementteihin ole upotettuna muita järjestelmiä. Ne toimivat ainoastaan kantavana rakenteena parvekkeille. Jotta elementit olisivat aidosti uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukaisia, tulisi liitokset toteuttaa ilman juotosbetonia.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä uudelleenkäytettäväksi suunnitteluun ja tutkia betonielementtirakenteista asuinkerrostaloa purettavaksi suunnittelun näkökulmasta. Tutkimuskohteena oli Oulussa sijaitseva vuonna 2022 valmistunut 8-kerroksinen asuinkerrostalo.

Uudelleenkäytettäväksi suunnitteluun perehtyminen toteutettiin kirjallisuuskatsauksen keinoin. Kirjallisuutta oli saatavilla paljon sekä suomeksi että englanniksi. Green Building Council Finland järjesti myös koulutuksia aiheeseen liittyen. Koulutuksissa esiteltiin rakennuksen elinkaariominaisuuksia sekä kohteita, joissa kiertotalous oli huomioitu ja perehdyttiin kiertotalouteen rakennusalalla. Koulutukset ovat merkittävässä roolissa tietoisuuden ja asiantuntijuuden kasvattamisessa.

Case-tutkimus toteutettiin tutkimalla kohteen rakennetyyppejä, runkodetaljeja ja tyyppielementtejä betonielementtien uudelleenkäytön kannalta. Tutkimuksessa tutkittiin yleispiirteittäin rakennetyypeistä sandwich-ulkoseinää, kuorielementtiseinää, väliseinää ja välipohjaa. Runkodetaljeista tutkittiin yleisimmät elementtiliitokset ja tyyppielementeistä seinät, parvekkeet ja laatat.

Työn tuloksena saatiin tuotettua lähtötietoa, jonka pohjalta voidaan laatia suunnitteluohje toimeksiantajayritykselle.

Kirjallisuuskatsauksesta paljastui, kuinka vanha idea uudelleenkäytettäväksi suunnittelu on Suomessa. Jo 1960-luvulla osattiin rakentaa ja suunnitella rakennuksia siirrettäväksi. Toisaalta silloin tavoitteena ei ollut hiilijalanjäljen tai päästöjen vähentäminen, vaan väliaikainen näyttelyhalli. Nykyään uudelleenkäytettäväksi suunnittelu on noussut pinnalle keinona ilmastonmuutokseen sopeutumisessa ja sen estämisessä. Suurin osa suomenkielisestä lähdemateriaalista onkin viimeisen viiden vuoden ajalta. Maailmalla uudelleenkäytettäväksi suunnittelu on kiinnostanut jo pidempään, mutta vieraskielinenkään materiaali ei ollut yleensä kymmentä vuotta vanhempaa.

Kirjallisuuskatsauksen tuloksena voidaan pitää uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteita, joista isoimpana haasteena rakennesuunnittelun ja etenkin betonirakentamisen näkökulmasta ovat kuivat, ilman juotosbetonia toimivat liitokset. Tuotevalmistajat ovat kuitenkin jo tuoneet markkinoille purettavia liitostuotteitta, jotka tulisi vain enää saada käyttöön.

Rakennetyyppien tutkimuksessa löytyi uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukaisia ratkaisuja, kuten kelluva välipohjalaatta. DfD:n mukaisessa rakenteessa on erikseen kantava, eristävä ja kulutukselle altis osa. Lisäksi LVI-laitteet ja -osat tulee olla helposti vaihdettavissa tai korjattavissa, joten niitä ei voi upottaa elementtien sisään.

Runkodetaljeista löytyi myös uudelleenkäytettäväksi suunnitteluun sopivia ratkaisuja, esimerkiksi parvekelaatan liittyminen ulkoseinään ja ontelolaatastoon. Liitoksessa on käytetty liitokselle suunniteltua valmisosaa, jossa on hyödynnetty ruuviliitosta. Lisäksi liitososa on helposti saatavilla eristetilassa, josta ruuviliitoksen voi aukaista. Liitoksen suurin ongelma on liittyminen ontelolaattaan, jossa joudutaan käyttämään juotosbetonia.

Nykytekniikalla liitososien purkaminen tapahtuu suurimmaksi osaksi hajottamalla. Onneksi monen elementin uudelleenkäytön voi mahdollistaa lisäämällä sitä varten omat liitososat, jotka suojataan ensimmäisen käyttökerran ajaksi. Ratkaisu mahdollistaa uudelleenkäytön ja on siltä osin uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukainen, mutta ratkaisu ei ole täydellinen.

Tyyppielementtien osalta tutkimuksessa tultiin siihen tulokseen, että kaikkiin elementteihin tulee saada sellaiset nosto-osat, joita voidaan hyödyntää myös purkaessa. Nykyään ontelolaatoissa ei ole varsinaista nosto-osaa, vaan niiden nosto tehdään nostosaksilla. Nostosaksilla tehtävä nosto purkuvaiheessa on mahdoton, joten erillisen nosto-osan käyttö on perusteltua. Tyyppielementeistä parveke-elementit olivat eniten uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukaisia.

Suunnitteluasiakirjojen dokumentaatio on erityisen tärkeää, jotta suunnittelun tiedot välittyvät myös seuraavan käyttökerran suunnittelijalle. Voisi kuvitella, että jokaiseen elementtiin pystyisi upottamaan ennalta määrättyyn paikkaan jonkinlaisen etäluettavan sirun, johon elementtikuvan voisi tallentaa.

Tutkimuksessa ei löytynyt yhtä uutta ratkaisua, jolla tehdä rakennuksesta uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukainen, vaan useita keinoja, joilla parantaa purettavuutta ja mahdollistaa uudelleenkäyttöä.

6 POHDINTA

Rakentamislakiuudistuksen myötä rakennuksen elinkaariominaisuuksiin tulee kiinnittää erityistä huomioita. Hankesuunnitteluvaiheessa tulee miettiä elinkaariominaisuuksien hyödyntämistä kohteessa. Tällöin on hyvä pitää mielessä, että uudelleenkäytettäväksi suunnittelua tarvitaan kaikissa kolmessa vaihtoehdossa. Sen avulla rakennuksesta saadaan muunneltava, helposti korjattava sekä uudelleenkäytettävä. Purettavaksi suunnittelu ei ole pelkästään sitä, että suunnitellaan rakennus mahdollisimman helposti purettavaksi.

Uudelleenkäytettäväksi suunnittelu ei myöskään tarkoita, että kun vaihdetaan seinäelementtien vaijerilenkit HEK-elementtiliitoksiin, olisi rakennus uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukainen. Uudelleenkäytettäväksi suunnittelu on laajaa ja kokonaisvaltaista suunnittelua, joka vaatii yhteistyötä kaikilta kohteen suunnitteluosapuolilta. Se on ajattelua yli rakennuksen elinkaaren: mitä rakennukselle tehdään, kun se on tullut elinkaarensa päähän.

Tutkimuksessa myös tutustuttiin uusiin liitosmenetelmiin, jotka eivät Suomessa ole laajemmin käytössä. Uusia osia on vasta alettu markkinoimaan, joten uskon, että tietoisuuden lisääntyessä käyttö ja suunnittelu tulee yleistymään.

Uudelleenkäytettäväksi suunnittelun haittana voidaan pitää sitä, että se on uusi asia, eikä siitä ole paljoa kokemuksia. Se vaatii myös aikaa, jota nykyrakentamisessa ei tunnu olevan sekä koulutuksia aiheeseen liittyen. Suunnittelu pitäisi pystyä aloittamaan aiemmin ja useamman toimijan yhteistyöllä, jotta rakennuksesta saataisiin uudelleenkäytettäväksi suunnittelun mukainen. Toisaalta uudelleenkäytettäväksi suunnittelu on työmaaystävällistä. Yleensä jos jokin on helppo purkaa, on se myös helppo asentaa (6). ”Hyvin suunniteltu on puoleksi tehty.”

Tässä työssä ei huomioitu elementtien uudelleenkäyttömahdollisuuksia eikä aukotuksien vaikutusta. Lisätutkimusta olisi hyvä tehdä myös LVIS-järjestelmien osalta: kuinka se tulee muuttumaan ja tuleeko esimerkiksi ilmanvaihtokanavien koko muuttumaan. Toisaalta kun kaikki uudelleenkäytettäväksi suunnittelun periaatteet huomioidaan, tulisi LVIS-järjestelmien olla irrallaan kantavista rakenteista, jolloin niihin tuleviin muutoksiin on helpompi varautua.

Päätin vielä työn loppusuoralla vaihtaa Design for Disassembly käännöksen purettavaksi suunnittelusta uudelleenkäytettäväksi suunnitteluun, koska koen sen kuvaavan paremmin suunnittelustrategian tavoitteita. Työtä tehdessä olen joutunut myös moneen otteeseen selvittämään mitä ”purettavaksi suunnittelu” tarkoittaa ja uskonkin uudelleenkäytettäväksi suunnittelun olevan itseään paremmin selittävä termi.

LÄHTEET

1. Ympäristöministeriö. Rakentamisen kiertotalous. Hakupäivä 11.11.2022. https://ym.fi/rakentamisen-kiertotalous.

2. Valtioneuvosto 2022. Hallituksen esitys eduskunnalle rakentamislaiksi ja siihen liittyviksi laeiksi. Hakupäivä 17.11.2022. https://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatos?decisionId=0900908f807d311e.

3. Häkkinen, Tarja 2023. Rakennuksen elinkaariominaisuudet. Rakennesuunnittelijoiden kiertotalouskoulutus. Helsinki 19.1.2023.

4. A-Insinöörit 2022. A-Insinöörien tarina. Hakupäivä 17.11.2022. https://www.ains.fi/yritys/vastuullisuus.

5. Ruskokivi, Riku-Pekka 2020. Lajittelevan purettavuuden suunnittelu. Rakennusten, rakenneosien ja -materiaalien kestävä hyötykäyttö kiertotalouden keinoin. Lapin ammattikorkeakoulu. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 30.1.2023. https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020051912212.

6. Rios, Fernanda Cruz, Chong, Wai & Grau, David. 2015. Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities. International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction. Procedia Engineering 118 (2015), 1296–1304. Hakupäivä 11.11.2022. Elsevier ScienceDirect -tietokanta. Vaatii käyttöoikeuden

7. Varma 2020. Rakentamisen kiertotalousohje. Hakupäivä 11.1.2023.

8. Zhu, Ying & Tähtinen, Katja 2022. Rakennusosien uudelleenkäytön edellytykset Suomessa. Policy Brief, valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan artikkelisarja 21.6.2022. Hakupäivä 11.1.2023. https://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=41601.

9. Green Building Council Finland. Kummatin kerrostaloalueen peruskorjaus. Kestävän rakennun ympäristön referenssi. Hakupäivä 15.2.2023. https://figbc.fi/referenssi/kummatin-alue/.

10. Ympäristöministeriö 2022. Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö on Suomessa mahdollista rakennuspaikkakohtaista varmentamista käyttäen. Hakupäivä 11.1.2023. https://ym.fi/-/rakennustuotteiden-uudelleenkaytto-on-suomessa-mahdollista-rakennuspaikkakohtaista-varmentamista-kayttaen.

11. ReCreate 2021. Reusing precast concrete for a circular economy. Hakupäivä 15.2.2023. https://recreate-project.eu/.

12. Ahlberg, Tommi & Janhunen, Petri 2016. Betoninen kierrätyshalli palvelee nyt klassikkoautoja. Betoni 2016 (2) 48–55. https://betoni.com/wp-content/uploads/2016/05/BET1602_48-55.pdf.

13. CreativeDenmark. Circle House: Denmark's first circular social housing units. Hakupäivä 12.1.2023. https://www.creativedenmark.com/cases/circle-house-denmarks-first-circular-social-housing-units.

14. Yrjälä, Jaakko 2022. Betonielementtejä voidaan kannattavasti uudelleenkäyttää. Peikon lehti 2022 (1), 22−31. Hakupäivä 7.2.2023. https://www.e-julkaisu.fi/peikon_lehti/1-2022/#pid=1.

15. Wanjala, Patience & Yrjälä, Jaakko 2022. Dismount and reuse of precast concrete frame. Peikko White Paper 3/2022. Hakupäivä 15.2.2023. https://media.peikko.com/file/dl/i/leyTcQ/pyHh6QwwuUXq4_jCZRnl5A/PeikkoWhitePaper_Dismountandreuseofprecastconcreteframe.pdf.

16. International Standard 2020. ISO 20887. Sustainability in buildings and civil engineering works — Design for disassembly and adaptability — Principles, requirements, and guidance. 1/2020.

17. Lahdensivu, Jukka, Huuhka, Satu, Annila, Petri, Pikkuvirta, Jussi, Köliö, Arto & Pakkala, Toni. 2015. Betonielementtien uudelleenkäyttömahdollisuudet. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos 2015. Hakupäivä 22.2.2023. https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3461-4.

18. Lahdensivu, Jukka 2023. Vanhojen rakennusosien uudelleenkäyttö. Rakennesuunnittelijoiden kiertotalouskoulutus. Helsinki 19.1.2023.

19. Elementtisuunnittelu 2020. Liitokset. Hakupäivä 7.3.2023. https://www.elementtisuunnittelu.fi/liitokset

20. Peikko 2021. PVL®-VAIJERILENKKI - Tekninen Käyttöohje versio 09/2021. Hakupäivä 6.3.2023. https://media.peikko.com/file/dl/i/p_Tvlw/vA88xO1mvRVFsBu7RRVo8Q/PVLFI003TechnicalManual_Web.pdf

21. Peikko. MODIX®-raudoitusjatkos – Varma ja monipuolinen raudoitusjatkosjärjestelmä. Hakupäivä 7.3.2023. https://www.peikko.fi/tuotteet/tuote/modix-raudoitusjatkos/

22. Rantala, Eetu. 2023. Account Manager. Leviat AB. Tuote-esittely 1.2.2023.

23. Halfen. HEK – Precast Coupler. Hakupäivä 15.3.2023. https://www.halfen.com/uk/4360/product-ranges/construction/reinforcement-systems/hek-precast-coupler/introduction/l

24. Cai, Gaochuang, Xiong, Feng, Xu, Yong, Si Larbi, Amir, Lu, Yang & Yoshizawa, Mikio. 2019. A Demountable Connection for Low-Rise Precast Concrete Structures with DfD for Construction Sustainability-A Preliminary Test under Cyclic Loads. MDPI sustainability -artikkeli 5.9.2019. Hakupäivä 15.3.2023. https://doi.org/10.3390/su11133696

25. Rakennusliitto 2013. Sakset naulaan onteloelementtien nostossa. Hakupäivä 9.3.2023. https://rakennusliitto.fi/2013/11/25/sakset-naulaan-onteloelementtien-nostossa/