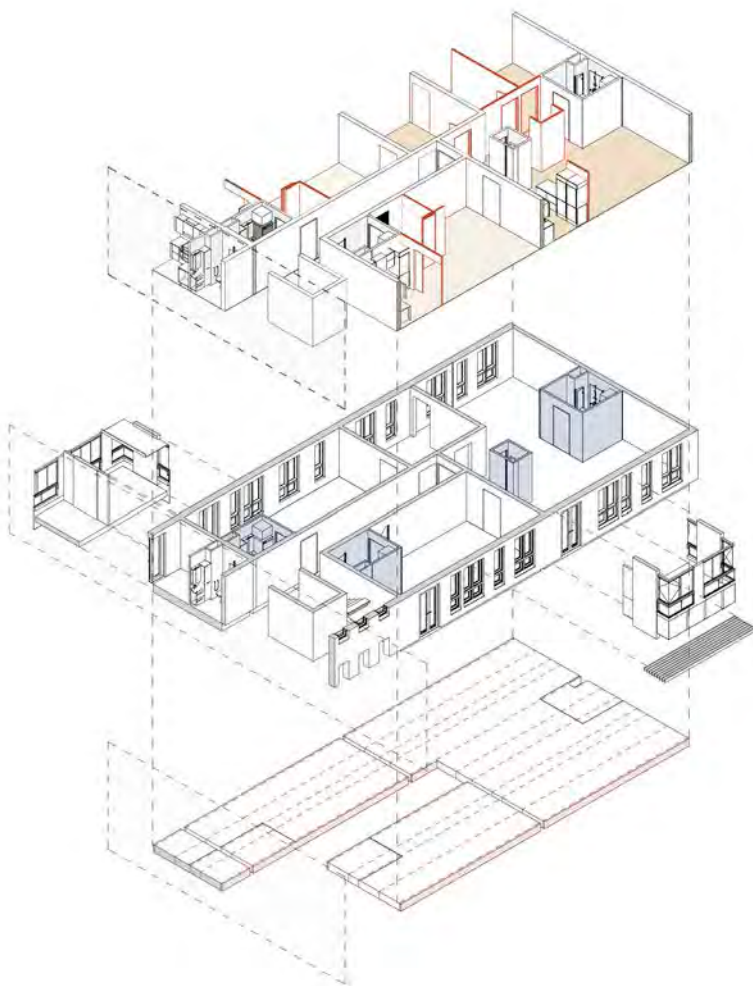


Elinkaariominaisuuksien arviointi ja toteuttaminen talonrakennushankkeessa

toim. Sini Saarimaa & Katja Tähtinen



Elinkaariominaisuuksien arviointi ja toteuttaminen talonrakennushankkeessa

Elinkaariominaisuuksien arviointi ja toteuttaminen talonrakennushankkeessa

Toim. Sini Saarimaa & Katja Tähtinen

Sisällys



Rakennustietosäätiö RTS sr

Malminkatu 16 A
00100 Helsinki
rts@rts.fi
www.rts.fi

Toimitus: Sini Saarimaa ja Katja Tähtinen
Kirjoittajat: Sini Saarimaa, Katja Tähtinen, Leif Lindegren, Anne Tervo,
Arto Toorikka, Mikko Koskivuori, Timo Heikkilä, Joakim Suvanto, Kyösti
Nieminen, Asseri Niemelä, Tuomo Joensuu, Arto Saari, Lassi Vaahtera.
Kommentointi: Marianna Kotilainen, Markku Hedman
Taitto: Atte Kalke, Sini Saarimaa, Leif Lindegren
Kielenhuolto: Tiia Javanainen
Valokuvat: Maciej Drązkiewicz, Unsplash
Ikonit: Flaticon

© 2025 Rakennustietosäätiö ja kirjoittajat

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61,
siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman
asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-267-537-8 (pdf)
ISSN 3087-5218



Esipuhe	7
Hankeryhmä.....	8
Käsitteet.....	10
1 Johdanto	14
1.1 Elinkaariominaisuudet kiertotalouden edistäjänä kiinteistö- ja rakentamisa-	
lalla.....	15
1.2 Taustalla tasojattelu ja rakennetun ympäristön jatkuva muutos	17
1.3 Rakennuksen elinkaari ja sen ennustaminen	19
2 Työn toteutus	22
2.1 Työn rajauksia	23
2.2 Suunnittelua hyödyntävä ja alaa osallistava työ monialaisessa yhteistyössä	24
2.3 Kysely.....	27
2.4 Elinkaarilaskenta	28
3 Säilyväksi suunnittelu	30
3.1 Säilyvyyden taustaa	31
3.2 Kirjallisuutta säilyvyyden tavoitteista ja arvioinnista	32
3.3 Säilyvyyden suunnittelun periaatteet	36
3.4 Säilyvyyden arviointi hankkeessa	42
4 Joustavaksi suunnittelu.....	44
4.1 Joustavuuden taustaa	45
4.2 Kirjallisuutta joustavuuden tavoitteista ja arvioinnista	47
4.3 Joustavaksi suunnittelun periaatteet	55
4.4 Joustavaksi suunnittelun arviointi hankkeessa	71
5 Purettavaksi suunnittelu	74
5.1 Uudelleenkäytettävyyden taustaa ja perusteita	75
5.2 Purettavaksi suunnittelun periaatteet	76
5.3 Purettavaksi suunnittelun arviointi hankkeessa	92

6	Elinkaariominaisuudet alan toimijoiden näkökulmasta.....	96
6.1	Vastaajat ja kiinteistökanta vastauksien taustalla	96
6.2	Koetut ja todetut korjaus- ja muutostarpeet rakennuksessa	96
6.3	Elinkaariominaisuuksien tavoittelu	99
7	Elinkaariominaisuuksien toteuttaminen	104
7.1	Kuvitteellinen kerrostalo	105
7.2	Asuntotyytit	112
7.3	Kuvitteellisen kerrostalon sovellettavuus	132
7.4	Elinkaariominaisuudet esille	136
7.5	Runkojärjestelmät	138
7.6	Ulkoseinä- ja muut ulkovaipparakenteet	154
7.7	Tilaosat: jako-osat, tilapinnat ja tilavarusteet	166
7.8	Lämmitysjärjestelmät	182
7.9	Vesi- ja viemärijärjestelmät	186
7.10	Ilmanvaihtojärjestelmät	190
7.11	Sähköjärjestelmät	196
8	Päästö- ja kustannusvaikutusten arviointi	200
8.1	Rakennusmallien vertailu	201
8.2	Elinkaarilaskenta	212
8.3	Elinkaarilaskennan toteutus hankkeessa	213
8.4	Laskennassa käytetyt ohjelmistot, tietokannat ja määrälaskenta.....	218
8.5	Elinkaarilaskentaan valitut korjaus- ja muutostarpeet	219
8.6	Elinkaarilaskennan tulokset	225
8.7	Elinkaarilaskentaa täydentävä muutostarkastelu	245
	Yhteenvetoa ja johtopäätöksiä.....	254
9.1	Tiedon puute estää elinkaariominaisuuksien toteuttamista ja skenaarioiden edistämistä	255
9.2	Elinkaariominaisuuksien päästö- ja kustannusvaikutusten arviointi vaatii rakennushankekohtaisesti määriteltyjä skenaarioita	257
9.3	Elinkaariominaisuuksien huomiointia on edistettävä yhdessä ja yhteistyössä	262
9.4	Tarvitaan laajemmin standardoitua rakentamistapaa.....	265
9.5	Työn rajoituksista ja epävarmuuksista	266
	Lähteet	268

Esipuhe

Siirtyminen lineaaritaloudesta kiertotalouteen on yksi kestävän kehityksen pääedellytyksistä. Luonnonvarojen nykyistä tehokkaampi käyttö vaikuttaisi myönteisesti kaikkiin keskeisiin ympäristökuormiin. Rakennetussa ympäristössä siirtyminen edellyttäisi toimintatapojen muuttamista kaikissa rakennuksen elinkaaren vaiheissa rakennustuotteiden valmistamisesta purkamiseen.

Yksi muutoksen airut Suomessa on vuoden 2025 alussa voimaan tulleeseen rakentamislakiin sisältynyt uusi olennainen tekninen vaatimus rakennuksen elinkaariominaisuuksista (RakL 39 §). Vaatimus kiinnittää rakennushankkeeseen ryhtyvän huomion niihin toimenpiteisiin, joilla varmistetaan rakennuksen tai sen osien pitkäikäisyys. Käytännössä suurin vaikutusmahdollisuus kohdistuu uudisrakentamiseen.

Uuden vaatimuksen konkretisoimiseksi ympäristöministeriö perusti asiantuntijaryhmän, joka laati aiheesta kattavan raportin, sisältäen mm. jäsenyyksen elinkaariominaisuuksille. Jäsenyyksen pohjalta rakennusten elinkaariominaisuudet koostuvat kolmesta osa-alueesta: säilyvyys, joustavuus ja uudelleenkäytettävyys. Asiantuntijatyössä luotiin pohja myös elinkaariominaisuuksien arviointikriteereille ja niihin tukeutuvalla tarkemmalla säädösohjaukselle, jolle kuitenkin ei vielä todettu olevan edellytyksiä.

EKAT-hanke ottaa aimo harppauksen eteenpäin siitä, mihin asiantuntijaryhmän työssä päästiin. Hankkeessa pureudutaan kolmen elinkaariominaisuuden tarkempaan arviointiin käytännön esimerkkirakennuksen kautta. On todettava, että kohteeksi valittu asuinkerrostalo edustaa elinkaariominaisuuksien käytännön toteuttamisen syvää päätä. Hankkeen tulokset ovat kuitenkin laajemminkin yleistettävissä.

Hankkeen loppuraportti tarjoaa paljon vastauksia ja sopivasti kysymyksiä elinkaariominaisuuksien soveltamiseen käytännön rakennushankkeessa. Kiitän hanketiimiä ennakkolullottomasta, johdonmukaisesta ja perusteellisesta työstä, joka luo uskoa elinkaariominaisuuksien käytännön toteutumiseen rakennuskannassamme ja osana säädösohjausta.

Harri Hakaste

Ympäristöministeriö

Hankeryhmä

Haluamme osoittaa lämpimät kiitokset kaikille, jotka ovat osallistuneet työhön eri tavoin.

Hankkeen johto, koordinointi ja julkaisun toimitus

Sini Saarimaa ja Katja Tähtinen, Rakennustietosäätiö RTS sr

Kirjoittajat ja heidän edustamansa hankeosapuolet

Sini Saarimaa	Rakennustietosäätiö RTS sr	Luvut 1, 2, 4, 6, 7, 9, 10
Katja Tähtinen	Rakennustietosäätiö RTS sr	Luvut 1, 3, 9, 10
Leif Lindegren	Rakennustietosäätiö RTS sr	Luvut 4, 7, 9
Anne Tervo	Rakennustietosäätiö RTS sr	Luku 6
Arto Toorikka	AFRY Finland Oy	Luvut 1, 2, 7, 8, 9, 10
Mikko Koskivuori	AFRY Finland Oy	Luvut 1, 3, 7, 9, 10
Timo Heikkilä	AFRY Finland Oy	Luvut 1, 2, 7, 8, 9, 10
Joakim Suvanto	AFRY Finland Oy	Luvut 1, 2, 8, 9, 10
Asseri Niemelä	AFRY Finland Oy	Luku 7
Kyösti Nieminen	AFRY Finland Oy	Luku 7
Tuomo Joensuu	Tampereen yliopisto	Luvut 5, 7, 9, 10
Arto Saari	Tampereen yliopisto	Luku 9
Lassi Vaahtera	Sweco Oy	Luku 7

Rahoittajat

Hanke toteuttaa ympäristöministeriön Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelmaa, jonka rahoitus tulee EU:n kertaluonteisesta elpymisvälineestä (RRF). Lisäksi hankkeen toteuttajilla, RTS:llä, Afrylla, Tampereen yliopistolla ja Swecolla on omarahoitusosuuksia hankkeessa.

Rahoittajan asiantuntijaohjaus

Harri Hakaste Ympäristöministeriö



**Euroopan unionin
rahoittama**
NextGenerationEU



Käsitteet

Joustavuus – Rakennuksen joustavuudella tarkoitetaan sitä, että rakennuksessa toteutuu joko monikäyttöisyyden tai muunneltavuuden suunnitteluperiaate tai suunnitteluperiaatteita, joiden ansiosta rakennuksella on kykyä mukautua erilaisiin käyttötarkoituksiin.

Joustava tilaohjelma (kehittelijöinä mm. Matti Kruus ja Juhani Kiiras 2006, ks. myös Arto Saari 2001) toimii käytännön instrumenttina, jolla monikäyttöisyyden tai muunneltavuuden suunnitteluperiaatteisiin liittyvät tavoitteet voidaan viedä monialaiseen suunnitteluprosessiin muiden laatutavoitteiden ohella.

Kiinteä tukiosa (suomeksi myös tukiosa tai perusosa, engl. *support, base building*) tarkoittaa rakennuksen muuttumatonta ja pysyvää osaa. Kiinteään osaan kuuluvat useimmiten kantavat rakenteet, julkisivut aukkoineen, sisäänkäynnit, porrashuoneet, hissit sekä muun muassa LVISA-järjestelmien kiinteät osat. Kiinteään osaan sisällytetään kaikki ne osat, joiden muunteluun ei varauduta. Kuitenkin täsmällinen rajausta tehdään aina hankekohtaisesti.

Muuntuva tilaosa (suomeksi myös tilaosa tai muuntuva osa, engl. *infill, detachable unit*) tarkoittaa rakennuksen osaa, jota voidaan muuttaa rakennuksen elinkaaren aikana. Muuntuvaan tilaosaan kuuluviksi määritellään useimmiten ainakin jakavat (ei-kantavat) väliseinät, ovet, laitteet ja tilojen sisäpinnat sekä tilaa palvelevat LVIS-järjestelmät. Kuitenkin täsmällinen rajausta tehdään aina hankekohtaisesti.

Monikäyttöisyys tarkoittaa huoneen, huoneiston tai rakennuksen kykyä mukautua erilaisiin käyttötarkoituksiin ilman rakenne- ja/tai taloteknisiä töin tehtäviä muutoksia.

Muunneltavuus tarkoittaa huoneen, huoneiston tai rakennuksen kykyä mukautua erilaisiin käyttötarkoituksiin rakenne- ja/tai taloteknisiä töin tehtävillä muutoksilla.

Rakenne- ja/tai taloteknisiä töin tehtävä muutos on rinnastettavissa uuden ei-kantavan väliseinän rakentamiseen tai purkamiseen ja siihen liittyvien LVISA-järjestelmien muuttamiseen tai esimerkiksi vesi- ja viemärijärjestelmien muuttamiseen. Useimmiten tällaiset työt eivät kuitenkaan vaikuta tilan ylä- tai alapuolisiin kerroksiin. Ilman rakenne- ja/tai taloteknisiä töin tehtäviä muutoksia ovat esimerkiksi kalusteen kiinnitykseen vertautuvat muutostyöt.

Kalustus – Kalustus tarkoittaa rakennuksen sisätilan varustamista ja järjestämistä eri käyttötarkoituksiin huonekaluin.

Käyttövaihtoehto – Käyttövaihtoehdot tarkoittavat kalustuksen, käytön tai toiminnan eri vaihtoehtojen havainnollistamista suunnitteluasiakirjoissa. Kalustusta voi havainnollistaa esittämällä pohjapiirustukset kalustettuina. Käyttöä tai toimintaa voi havainnollistaa visuaalisuomalla kulkusuuntia tai henkilömääriä eri käyttötilanteissa. Kalustusta, käyttöä ja toimintaa voi esittää samassa suunnitteludokumentissa. Käytön tai toiminnan havainnollistamisesta voi käyttää myös nimitystä käyttökaavio silloin, kun se halutaan erottaa kalustekaavioista.

Muuntovaihtoehto – Muuntovaihtoehdot tarkoittavat muuntuvan tilaosan eri vaihtoehtojen havainnollistamista suunnitteluasiakirjoissa.

Rakennettu ympäristö – Ympäristön osa, jota ihminen on rakentamalla muokannut (määritelmä: Rakennetun ympäristön pääsanasto).

Rakennus – Erillinen, sijaintipaikalleen kiinteästi rakennettu tai pystytetty, omalla sisäänkäynnillä varustettu rakennelma, joka sisältää eri toimintoihin tarkoitettua, katettua ja yleensä ulkoseinien tai muista rakennelmista (rakennuksista) erottavien seinien rajoittamaa tilaa (määritelmä: Tilastokeskus). Rakennuksen käyttötarkoitus määräytyy sen mukaan, mihin suurinta osaa rakennuksen kerrosalasta käytetään. Tässä hankkeessa keskitytään vain asuntokohteisiin.

Huoneisto on yhdestä tai useammasta huoneesta eli rakennuksen lattian, katon ja seinän rajaamasta tilasta koostuva kokonaisuus (määritelmä: Huoneistotietojärjestelmä, Osakehuoneistorekisteri).

Asuinhuoneisto eli asunto on keittiöllä, keittokomerolla tai keittotilalla yhden tai useampia asuinhuoneita käsittävä, ympärivuotiseen asumiseen tarkoitettu kokonaisuus, jolla on oma välitön sisäänkäyntinsä. Asuinhuoneistossa tulee olla tilat lepoa, oleskelua, hygienian hoitoa, ruoan valmistusta sekä välttämätöntä huoltoa ja säilytystä varten. Minimikoko on 20 m². (Ympäristöministeriön asetus asuin-, majoitus- ja työtiloista 1008/2017.)

Huone – Huone on tarkkarajainen huoneiston osa, jota rajoittavat seinät, joka yleensä voidaan sulkea ovella ja johon ihminen vaivatta mahtuu sisälle seisovassa asennossa (määritelmä: RT SA-40095). Huoneessa voi sijaita eri käyttöisiä tiloja.

Tila – Tila on jollekin toiminnalle varattu, huoneiston tarkkaan rajaamaton osa, yleensä osa huonetta (määritelmä: RT SA-40095).

Esimerkiksi: Oleskelutila on asuinhuoneiston tila, joka on tarkoitettu vapaa-ajanviettoon, kuten oleskeluun, seurusteluun, harrastustoimintoihin jne.

EKO-malli – Hanketta varten suunniteltu kuvitteellinen asuinkerrostalo, jonka suunnittelussa on huomioitu laaja-alaisesti elinkaariominaisuuksia.

BAU-malli – Hanketta varten suunniteltu kuvitteellinen asuinkerrostalo, jossa on käytetty 2020-luvulle tyypillisiä rakenteita ja tilaratkaisuja.

Elinkaarilaskenta – Elinkaarilaskennalla tarkoitetaan tässä hankkeessa rakennuksen elinkaaren kustannus- ja päästölaskentaa.

Päästölaskenta – Päästölaskennalla tarkoitetaan tässä hankkeessa rakennuksen hiili-jalanjälkilaskentaa eli rakennuksen kasvihuonekaasupäästöjen laskemista.

Elinkaarikustannuslaskenta – Kokonaiskustannusten arviointi koko elinkaaren ajalta, toisin sanoen rakennuksen rakentamisesta, käytöstä, ylläpidosta ja purkamisesta aiheutuvien kustannusten laskeminen.

Tarkastelujakso – Elinkaarilaskennassa käytetty arviointijakso, jolle ajoittuvat kustannukset ja päästöt huomioidaan kumulatiivisesti tarkasteltuina. Pituus vaihtelee tarkastelukohteen ja -tason sekä tavoitteiden mukaan.

Käyttöikä – Yhden rakennuksen oletettu elinkaari alkaen rakentamisesta ja päättyen purkuun. Käyttöiästä riippuen tarkastelujakson sisällä voidaan käsitellä yhtä tai useampaa keskenään identtistä perättäistä rakennusta.

Vakiintunut elinkaarilaskenta – Tällä tarkoitetaan tässä hankkeessa ilmastaselvityksissä käytettävää ympäristöministeriön asetuksen (1027/2024) mukaiseen laskentaskenaarioon pohjautuvaa elinkaarilaskentaa.

Hankekohtainen skenaariomalli – Hankkeessa sovellettu elinkaarilaskennan skenaario, jonka tarkastelujakso on pidempi kuin vakiintuneessa laskentamallissa ja jonka laskentaan on sisällytetty hankekohtaisia, vakiintuneeseen laskentatapaan kuulumattomia korjaus- ja muutostarpeita.

Diskonttaus – Tulevaisuudessa tapahtuvien rahavirtojen nykyarvon laskenta. Kuvaa rahan aika-arvoa periaatteella, jonka mukaan euro tänään on arvokkaampi kuin euro huomenna. (SFS-EN 16627:2015.)

Herkkyystarkastelu – Menettely, jonka avulla voidaan huomioida tulevaisuuden epävarmuuksia arvioimalla menetelmien tai lähtötietojen valinnan vaikutuksia tuloksiin. (SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020)

Purettavaksi suunnittelu – Kiertotalouden konsepti, joka viittaa suunnitteluratkaisuihin ja muihin valmistusvaiheen toimenpiteisiin, joilla lisätään osiksi purkamisen ja osien uudelleenkäytön todennäköisyyttä, jos tuotteen käyttö loppuu.

Jätehierarkia – Kiertotalouden alalla ehdotettu viitekehys, jossa priorisoidaan jätteen ja luonnonvarojen kulutuksen ehkäisyn tähtäävät periaatteet, resurssitehokkuuden ja materiaalien arvon säilymisen perusteella. EU:n jätehierarkian periaatteet priorisoidussa järjestyksessä ovat: vähentäminen, uudelleenkäyttö, kierrättäminen ja talteenotto.

Jälkimarkkinat – Käytettyjen tuotteiden tai osien markkinat.

Moduuli – Tuotesuunnittelussa moduulit ovat itsenäisiä osia, jollaisista voidaan koota erilaisia kokonaisuuksia. Rakennuksissa on käytetty esimerkiksi tila- ja sauvamoduuleita tai useita ominaisuuksia integroivia tilamoduuleita.

Moduulimitta – Rakennusten suunnittelussa käytettävä mitoituksen perusyksikkö, jonka käyttö edistää sen osien yhteensopivuutta. Rakentamisessa käytetty perusmoduuli on 1 M = 100 mm, jolloin rakennuksen suunnittelu voi perustua esimerkiksi 2 M tai 3 M moduuliverkkoon.

Säilyvyys – Rakennuksen ja sen osien kyky säilyttää vaadittu tekninen suorituskyky pitkällä aikavälillä määritellyin huolto- ja korjaustoimenpitein. Säilyvyys jaetaan kahteen osa-alueeseen: tekninen kestävyys ja kunnossapidettävyys.

Riskiperusteinen suunnittelu / riskienhallinta – Prosessi, jonka avulla voidaan torjua hanketta uhkaavia riskejä ja minimoida niistä aiheutuvia haittoja. Riskienhallinnan tarkoituksena on selvittää ja analysoida tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa joko suoraan tai välillisesti hankkeen tavoitteiden saavuttamiseen, ja pyrkiä vaikuttamaan näihin tekijöihin ennaltaehkäisevästi. Riskienhallintaan kuuluu riskien tunnistamisen lisäksi myös riskin todennäköisyyden ja vaikutusten arviointi.

Vertailuikä ja kerroinmenetelmä – Tuotteen, komponentin, kokoonpanon tai järjestelmän käyttöikä, jonka odotetaan toteutuvan tietyissä käyttöolosuhteissa. Kerroinmenetelmässä vertailuikää muokataan eri osakokonaisuuksien suhteen määriteltävillä kertoimilla vastaamaan tiettyjä ennakoituja olosuhteita.

Vikasietoisuus – Vikasietoisuudella tarkoitetaan ratkaisuja, joissa suunnittelussa, rakentamisessa sekä rakennusten huollossa ja käytössä ilmenevät vähäisimmät virheet ja puutteet eivät vielä johda rakenteiden haitalliseen vaurioitumiseen.

Rasitustekijät – Esimerkiksi ympäristöstä tai käytöstä aiheutuvia fyysisiä tai kemiallisia tekijöitä, jotka aiheuttavat materiaalien vanhenemista tai turmeltumista heikentäen niiden ominaisuuksia ajan myötä.

Sisäkatto – Kantavan rakenteellisen väli- tai ylä-pohjan alapuolinen katto, joka muodostaa näkyvän sisäpinnan.

1

Johdanto

Sini Saarimaa, Arto Toorikka, Katja Tähtinen,
Mikko Koskivuori, Joakim Suvanto, Timo Heikkilä

Rakennusten elinkaariominaisuudet muodostavat perustan kestäväälle ja kiertotalouden periaatteita edistävälle rakentamiselle.

1.1 Elinkaariominaisuudet kiertotalouden edistäjänä kiinteistö- ja rakentamisalalla

Kiertotaloutta on esitetty vaihtoehdoksi lineaariselle, ja luonnonvaroja kuluttavalle taloudelle. Siirtymä kiertotalouteen on välttämätöntä ilmastonmuutoksen hillinnässä. Kiertotalouden periaatteiden mukaisessa rakennetussa ympäristössä siihen sidotut resurssit säilyttävät arvonsa käytössä ja kierrossa mahdollisimman pitkään (SFS-ISO 59004:2024). Kiertotalousajattelu on kehittynyt ja valtavirtaistunut reilun vuosikymmenen ajan, ja ajattelun edetessä on alettu kiinnittää huomiota myös resurssien kulutuksen ennaltaehkäisyyn. Parhaimmillaan resurssitehokkuutta edistetään jo tuotteiden ja palveluiden suunnittelu- vaiheessa, mikä kiinteistö- ja rakentamisalalla tarkoittaa huomion kiinnittämistä rakennuksen elinkaariominaisuuksiin.

Elinkaariominaisuuksilla tarkoitetaan rakennuksen teknisiä ja toiminnallisia ominaisuuksia, **säilyvyyttä, joustavuutta ja uudelleenkäytettävyyttä**, jotka mahdollistavat rakennuksen pitkäaikaisen käytön muuttuvissa olosuhteissa sekä rakennukseen sidottujen resurssien hyödyntämisen rakennuksen purkamisen jälkeen (ks. Hakaste ym., 2024). Rakennuksen ja sen osien pitkäikäisyydellä on jatkossa yhä suurempi merkitys rakentamisen elinkaaripäästöjen minimoimisessa, kiinteistöjen arvon säilyttämisessä ja käytettävyyden varmistamisessa. Rakennussektorin osuus globaaleista hiilidioksidipäästöistä on noin 39 prosenttia. Vaikka suurin osa päästöistä johtuu energiankäytöstä, myös rakennusmateriaalien osuus elinkaaren päästöistä on merkittävä. Energiantuotannon päästöjen vähen- tyessä ja rakennusten energiatehokkuuden parantuessa materiaalien, rakentamisprosessin ja ylläpidon osuus elinkaaripäästöistä kasvaa, mikä korostaa rakennusten ja niiden osien pitkän käyttöiän merkitystä hiilijalanjäljen minimoimisessa. (Rakennusteollisuus RT, 2023; Hakaste ym., 2024.)

Tässä *Elinkaariominaisuuksien arviointi ja toteuttaminen talonrakennushankkeessa* (EKAT) -tutkimus- ja kehittämishankkeen tulosjulkaisussa kootaan tietoa siitä, miten elinkaariominaisuuksia voidaan konkretisoida ja soveltaa rakennushankkeissa käytännön tasolla. Hankkeessa on yhdistetty aiemmissa tutkimuksissa tuotettua tietoa ja sovellettu sitä kuvitteelliseen uudiskerrostalo-kohteeseen (ks. luku 7). Osa kuvitteellisessa kerrostalo- rakennuksessa esiteltävistä ratkaisuista on uusia ja vielä laajaa jatkokehittämistä vaativia (nämä on merkitty erikseen tämän julkaisun lukuun 7). Kehitettävien ratkaisuiden esiin nostaminen on nähty arvokkaana ja hyödyllisenä kiertotaloutta tukevien rakennusten suunnittelun ja toteuttamisen edistämiseksi.

Elinkaariominaisuuksien, kuten säilyvyyden, joustavuuden ja uudelleenkäytettävyyden, vaikutukset rakennushankkeiden kustannuksiin ja päästöihin ovat pitkään jääneet osin huomiotta suunnittelun ja päätöksenteon varhaisissa vaiheissa. Kuitenkin juuri nämä ominaisuudet voivat merkittävästi vaikuttaa rakennuksen koko elinkaaren aikaisiin kustannuksiin ja ympäristövaikutuksiin. Tästä syystä hankkeessa on tarkasteltu myös

elinkaariominaisuuksien kustannus- ja päästövaikutuksia. Tavoitteena on tarjota kiinteistö- ja rakentamisalan toimijoille paremmat valmiudet rakennusten elinkaariominaisuuksien toteuttamiseen ja arviointiin.

Tässä tulosjulkaisussa esitellään EKAT-hankkeessa tehtyä työtä, joka yhdistää olemassa olevaa tietoa elinkaariominaisuuksista, tukee niiden soveltamista käytäntöön ja auttaa alan toimijoita ottamaan huomioon näiden ominaisuuksien taloudellisia ja ympäristöllisiä vaikutuksia. Hanke toteutettiin moniammatillisessa yhteistyössä, ja siihen sisältyi tiivistä ja laaja-alaista vuorovaikutusta alan asiantuntijoiden, kuten tila-, rakenne- ja LVISA-suunnittelijoiden, viranomaisten sekä tutkimus- ja kehitysorganisaatioiden edustajien kanssa.

Mitä elinkaariominaisuudet tarkoittavat?

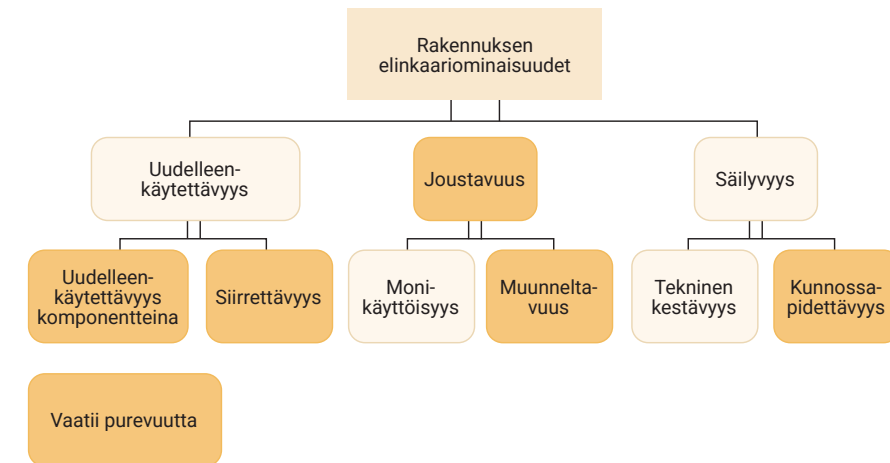
Voimassa olevaan rakentamislakiin sisältyy vaatimus **rakennuksen elinkaariominaisuuksista** (RakL 751/2023, 39 §). Elinkaariominaisuudet (säilyvyys, joustavuus ja uudelleenkäytettävyys) tarkoittavat rakennuksen teknisiä ja toiminnallisia ominaisuuksia, jotka tukevat rakennuksen tai sen osien pitkäikäisyyttä (Hakaste ym. 2024). Kaikki elinkaariominaisuudet liittyvät **EU:n jätehierarkian** (Euroopan komissio, ei pvm.) periaatteisiin: säilyvyys ja joustavuus tukevat jätteen synnyn ehkäisyä, kun taas uudelleenkäytettävyys sijoittuu seuraavaksi hierarkiasa edistään rakennusosien ja -tuotteiden arvon säilymistä.

Säilyvyys (ks. luku 3) tarkoittaa rakennuksen ja sen osien kykyä kestää ympäristön ja käytön aiheuttamaa kulumista sekä edellytyksiä ylläpitää rakennuksen toimivuutta huollon, korjausten tai osien vaihdon avulla rikkomatta pidempi-ikäisiä osia.

Joustavuus (ks. luku 4) tarkoittaa rakennuksen tai sen osien kykyä mukautua käyttötarkoitusten, -tapojen tai olosuhteiden muutoksiin ja niistä aiheutuviin tarpeisiin muuttaa tilan käyttöä, tilaa, rakennusta ja/tai sen järjestelmiä.

Uudelleenkäytettävyys (ks. luku 5) tarkoittaa rakennukseen sisältyvien tuotteiden tai osien hyödyntämistä purkamisen jälkeen käyttämällä niitä uudelleen. Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö tarkoittaa niiden käyttämistä samassa käyttötarkoituksessa, johon ne alun perin on suunniteltu.

Usean elinkaariominaisuuden toteutuminen edellyttää purettavuutta (ks. kuva 1). Edellämainittuja aiheita yhdistävässä aikaisemmassa kehitystyössä (Häkkinen & Tarpio 2021; Hakaste ym. 2024) on tuotu esiin, että vaikka elinkaariominaisuudet tunnistetaan tärkeiksi resurssitehokkuuden ja vähähiilisyyden edistäjiksi kiinteistö- ja rakentamisalalla, niiden toteutusta vaikeuttaa ohjeistusten ja arviointimenetelmien puute. Siksi EKAT-hankkeessa on koottu olemassa olevaa tutkimustietoa ja sovellettu sitä sekä suunnittelun että elinkaariarvioinnin tueksi.



Kuva 1. Rakennuksen elinkaariominaisuudet jaetaan kolmeen osaan. Purettavuus on välttämätöntä eri elinkaariominaisuuksien mahdollistamiseksi. Kuva on piirretty uudelleen Hakaste ym. (2024) pohjalta.

1.2 Taustalla tasoajattelu ja rakennetun ympäristön jatkuva muutos

Rakennusten toimintaympäristö on jatkuvassa muutoksessa. Toimintaympäristön muutokseen vaikuttavat muun muassa ihmiskunnan **teknologiset kehitysskeleett**, kuten kasvava digitalisaatio, **yhteiskunnalliset muutokset**, kuten väestön ikääntyminen ja asumisen tarpeiden monimuotoistuminen, sekä **ekologiset ja ympäristöön liittyvät muutokset ja reunaehdot**, kuten ilmastonmuutos, sitä vastaan taistelu ja siihen sopeutuminen (Saarimaa & Kotilainen, 2025; Lehtinen ym., 2022). Muutoksen ymmärtäminen ja sen ennakoiminen rakennusten suunnittelussa on keskeinen edellytys sille, että rakennuksista voidaan tehdä pitkäikäisiä muuttuvissa olosuhteissa. Tämä vaatii myös rakennuksilta muutoskyvykkyyttä.

Rakennetun ympäristön muutosta jäsentämään on kehitetty lukuisia teoreettisia malleja ja viitekehyksiä, jotka tarjoavat arvokkaan lähtökohdan myös rakennusten elinkaariominaisuuksien tarkasteluun. John N. Habrakenin avoimen rakentamisen teoria (*Open Building*) ja Stewart Brandin tasoajattelu (*Shearing layers*) ovat eräitä tunnetuimpia tällaisia viitekehyksiä. Seuraavassa tarkastellaan näitä kahta lähestymistapaa lyhyesti.

Habrakenin (1972) teoria ulottuu rakennetun ympäristön eri mittakaavojen läpi, korttelistosta aina yksittäiseen tilaan ja sen kalustukseen. Rakennus voidaan Habrakenin mukaan jakaa käsitteellisellä tasolla kahteen osaan: niin kutsuttuun **muuntuvaan tilaosaan**, josta vastaa pääosin rakennetun ympäristön käyttäjä, sekä **kiinteään tukiosaan**, josta vastuussa on laajempi yhteisö tai laajemmat yhteisöt, kuten rakennuksen omistaja(t), asunto-osaakeyhtiö ja jossain tapauksessa kaupungin virkamiehet.

Habraken (1972) näki rakennetun ympäristön tasot erillisinä, mutta silti toisiinsa kietoutuneina. Ylempi taso, kuten rakennuksen kiinteä tukiosa, sallii tai rajoittaa (suunnittelu- ratkaisusta riippuen) muutoksia, joita tehdään alemmalla tasolla, kuten muuntuvassa tilaosassa. Näin ollen alisteinen taso eli muuntuva tilaosa on riippuvainen ylemmästä tasosta eli kiinteästä tukiosasta. Erottelu korostaa myös sitä, että muutostarpeet ilmenevät nopeammin rakennuksen alemmilla tasoilla, kuten muuntuvan tilaosan eli huoneistojen ei-kantavien seinien ja kalusteiden tasolla, joissa tila- ja kalustejärjestelyjä joudutaan useimmin muokkaamaan. Jako kiinteän tukiosan ja muuntuvan tilaosan välillä ei kuitenkaan ole yksiselitteinen, kuten Habraken ynnä muut (1976, s. 22–23) esittivät: *”Siihen, missä muuntuvat tilaosat alkavat ja kiinteä tukiosa päättyy, täytyy olla erilaisia vastauksia erilaisissa kulttuurisissa ja ajallisissa olosuhteissa.”*¹ Siksi rakennuksen osien jako kiinteään tukiosaan ja muuntuvaan tilaosaan on hyvä havainnollistaa myös suunnitteludokumenteissa (ks. luku 7, Kendall & Teicher, 2000).

Steward Brandin (1994) teoria on monin tavoin Habrakenin (1972) ajattelun mukainen. Se perustuu Frank Duffyn aiempaan teoriaan, joka jakoi rakennuksen tasot kuuteen kerrokseen, joilla jokaisella on erilainen oletettu elinkaari ja muutosnopeus. Nämä kerrokset ovat seuraavat:

- 1) **Tontti** (*site*): sijainti ja maanpohja, käytännössä ikuisena pidetty perusta.
- 2) **Kantava rakenne** (*structure*): rakennuksen kantava runko, rungon oletettu käyttöikä on erittäin pitkä, ja runkoa muutetaan harvoin.
- 3) **Uloin kerros** (*skin*): julkisivu ja ulkovaippa, uusitaan tyypillisesti muutaman vuosikymmenen välein.
- 4) **Talotekniikka** (*services*): rakennuksen tekniset järjestelmät eli LVISA-järjestelmät, joilla on verrattain lyhyt elinkaari, sillä ne vanhenevat ja kuluvat ja ne uusitaan yleensä 10–20 vuoden välein.
- 5) **Tilajärjestys** (*space plan*): sisäseinät ja muut tilajaon järjestelyt, joita saatetaan muunnella useita kertoja rakennuksen elinkaaren aikana.
- 6) **Kalustus** (*stuff*): kalusteet ja sisustus, jotka vaihtuvat tiheimmin.

Brand (1994) korostaa, että **pitkäikäisissä rakennuksissa** nopeammin vaihtuvat kerrokset voivat päivittyä vapaasti ilman, että hitaammat kerrokset estävät niiden uudistamista. Tämä mahdollistaa sen, että rakennus kykenee ”oppimaan”, kuten Brand (1994) sanoitti, ja kehittymään ilman, että se menettää arvoaan elinkaarensa aikana. Edellä esitellyt viitekehykset korostavat, että rakennusta kannattaa tarkastella kokonaisuutena, joka koostuu tasoista tai kerroksista, jotka uusiutuvat eri rytmeissä, sen sijaan, että rakennusta ajateltaisiin yhtenä staattisena massana. Tämän hankkeen tulosjulkaisun eräs uutuusarvo onkin edellä mainittujen viitekehysten mukaisen ajattelun konkretisoiminen käytännön suunnitteluratkaisuissa asuinkerrostalossa.

¹ *”Where detachable units begin and the support ends must have different answers in different cultural and temporal settings.”*

1.3 Rakennuksen elinkaari ja sen ennustaminen

Elinkaarella tarkoitetaan standardin ISO 14040 määritelmän mukaan peräkkäisiä tai vuorovaikutteisia vaiheita raaka-aineiden hankinnasta tai luonnonvarojen tuottamisesta loppusijoitukseen (SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020). Rakennuksen osalta tällainen elinkaariarvioinnissa (*LCA, Life Cycle Assessment*) käytetyn kehdosta hautaan -periaatteen (engl. *cradle-to-grave*) mukainen elinkaari tarkoittaa elinkaarta, joka alkaa rakennuksen raaka-aineiden hankinnasta ja rakennustuotteiden valmistuksesta ja päättyy rakennuksen purkamiseen ja materiaalien loppusijoittamiseen. Esimerkiksi standardin SFS-EN 15978 mukaiset elinkaaren lineaariset vaiheet ovat tuotevaihe (A1–A3), rakentamisvaihe (A4–A5), käyttövaihe (B1–B7) ja elinkaaren loppu (C1–C4). Tässä jaottelussa esimerkiksi materiaalien kierrätys ja rakennustuotteiden uudelleenkäyttö on luettu elinkaaren ulkopuolisiksi vaikutuksiksi (D) (SFS-EN 15978:2011). Vaiheet esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Elinkaaren lineaariset vaiheet standardien SFS-EN 15978 ja SFS-EN 16627 mukaisesti.

Rakentamista edeltävä vaihe (A0) (<i>huom. vain SFS-EN 16627</i>)
• A0: Tontin hinta ja maankäytön kustannukset
Tuotevaihe (A1–A3)
• A1: Raaka-aineiden hankinta ja prosessointi • A2: Kuljetukset • A3: Tuotanto (rakennustuotteiden valmistus)
Rakentamisvaihe (A4–A5)
• A4: Kuljetukset (valmiiden tuotteiden kuljetus rakennuspaikalle) • A5: Rakennus- ja asennustyö
Käyttövaihe (B1–B7)
• B1: Käyttö (rakennuksen käytön aikaiset suorat vaikutukset) • B2: Ylläpito (huolto, pienet korjaukset) • B3: Korjaus (suuremmat korjaukset ja uusimiset) • B4: Vaihto (rakennusosien uusiminen) • B5: Peruskorjaus (muutokset, jotka pidentävät käyttöikää) • B6: Energian käyttö • B7: Veden käyttö
Elinkaaren loppu (C1–C4)
• C1: Purku ja purkutyö • C2: Kuljetukset (purkumateriaalien kuljetus käsittelyyn) • C3: Jätteenkäsittely (lajittelu, kierrätykseen ohjaus) • C4: Loppusijoitus (esim. kaatopaikka, poltto ilman hyötykäyttöä)
Elinkaareen kuulumattomat vaikutukset (D)
• D: Hyödyt ja kuormat elinkaaren ulkopuolella (esim. uudelleenkäytettyjen rakennusosien, kierrätettyjen materiaalien tai energian hyödyntäminen tulevissa prosesseissa).

Elinkaariarviointia koskevaan standardointiin pohjautuvia arviointimenetelmiä on laadittu eri maissa kansallisiin tarpeisiin erilaisin tarkennuksin ja rajauksin (Ympäristöministeriö, 2024). Suomessa rakennuslupaa varten vaaditaan vuoden 2026 alusta alkaen ilmastaselvitys. Tätä varten annettu ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastaselvityksestä ja rakennustuoteluettelosta (1027/2024) määrittelee Suomen rakennusten päästölaskennassa käytettävät vakiodut laskennan oletukset ja rajaukset. Ympäristöministeriön määrittelemässä vakioidussa suomalaisessa laskentamallissa ei huomioida teknisestä ikääntymisestä johtuvien rakennusosien vaihtojen ulkopuolisia käyttövaiheeseen kohdistuvia teknisiä tai tilallisia muutostöitä eikä tavanomaisia rakennuksen elinkaaren aikana tapahtuvia häiriötilanteita, kuten vesivahinkoja. Samoin rakennustuotteiden uudelleenikäyttö uusissa tai muissa rakennuksissa alkuperäisen rakennuksen tai rakennustuotteen käytön päätyttyä käsitellään elinkaaren ulkopuolisena tekijänä. (Ympäristöministeriö, 2024.)

Mallissa määritellyt yhtenäiset oletukset, kuten 50 vuoden tarkastelujakso, sekä kansalliseen päästötietokantaan (CO2data) määritellyt rakennusosien käyttöiät tekevät vakioidusta laskentamallista soveltuvan erityisesti mahdollisimman alhaisten rakentamisen ja energiankulutuksen päästöjen optimoimiseen sekä keskenään vertailukelpoisten laskentojen tuottamiseen (Ympäristöministeriö, 2024). Mallin vakioiva luonne on kuitenkin samalla sen rajoite: sen avulla ei voida tarkastella rakennuksen elinkaariominaisuuksien toteuttamisen vaikutuksia.

Kun rakennuksen elinkaarta arvioidaan laaja-alaisemmin kuin vakioidulla mallilla, voidaan tarkastelussa huomioida kiertotaloutta ja elinkaariominaisuuksia edistävät tekijät. Näin voidaan tuottaa lisäarvoa ekologisista, yhteiskunnallisista ja taloudellisista näkökulmista. Kiertotalouden periaatteita käsittelevän standardin SFS-ISO 59004:2024 mukaisesti kiertotalouden voidaan katsoa tuottavan lisäarvoa esimerkiksi varmistamalla luonnonvarojen kestävää käyttöä, luomalla ja säilyttämällä taloudellista arvoa, vahvistamalla resilienssiä ja parantamalla kilpailukykyä.

Elinkaaritarkasteluissa kiertotalouden käsittelyyn ei ole toistaiseksi olemassa yhtä vakiintunutta tapaa. Kiertotalouden huomioon ottamiselle on olemassa lukuisia tapoja EU:n kiertotalousjalanjäljestä (*Circular Footprint Formula, CFF*) erilaisiin allokointiin ja hyvityksiin perustuviin laskentatapoihin. (Ekvall ym., 2020.) Elinkaaritarkastelua voidaan tehdä toistuvalla tai jaksollisella menetelmällä, jossa otetaan huomioon rakennuksen elinkaaren useita eri jaksoja. Useiden elinkaaren jaksojen tarkastelulla voidaan ottaa huomioon elinkaariominaisuuksia parantavia suunnitteluratkaisuja, kuten rakennustuotteiden uudelleenikäyttö, materiaalien kiertotalous, joustavat tilat, huollettavissa oleva tekniikka, helposti purettavat liitokset ja kestävät materiaalit.

Rakennustuotteiden uudelleenikäytön tarkastelu toistuvilla tai jaksollisilla menetelmillä lisää tulevaisuuden ennustamisen epävarmuutta. Mitä pidemmälle tulevaisuuteen mennään, sitä enemmän rakennuksen käyttöön ja korjauksiin liittyvät epävarmuudet lisääntyvät, jolloin elinkaaren arvioinnin tulosten käyttökelpoisuus laskee. (Ympäristöministeriö, 2024.) Jotta vakioitua laskentamallia kauempana tapahtuvia muutoksia voidaan arvioida päätöksenteon tukena, on rakennusta tarkasteltava vakioitua arviointijaksoa pidemmällä ajanjaksolla.

Tässä tulosjulkaisussa esiteltävä laskentaskenaario pyrkii huomioimaan elinkaariominaisuuksien ja uudelleenikäytön hyötyjä skenaarioajattelun pohjalta. Skenaarioajattelua ja skenaariomalleja kehitettiin alun perin sotilasstrategiassa ja liiketoiminnassa (esimerkiksi Shell-yhtiön kuuluisissa skenaarioissa öljykriisien varalle). Skenaarioiden luonteita auttaa hahmottamaan Peter Schwarzin toteamus, jonka mukaan skenaariot eivät ole ennusteita, vaan mahdollisia tarinoita tulevaisuuden kehityskuluista. Skenaariot rakentuvat olettamuksille monien toisiinsa vaikuttavien tekijöiden muutoksista – toisin sanoen ne ottavat huomioon, että tulevaisuus ei ole pelkkä jatkumo menneestä, vaan siihen vaikuttavat paitsi menneet ja nykyiset myös mahdolliset tulevat ilmiöt. (Waldo ym., 2017.)

Rakennushankkeen suunnittelun ja toteuttamisen aikana ei voida vielä tietää tarkasti rakennuksen elinkaaren pituutta eikä rakennukseen sen elinkaarella kohdistuvia muutostarpeita. Suunnittelussa huomioitavia tulevaisuuden tekijöitä voidaan johtaa arvioimalla rakennuksen tulevaisuuskestävyyden mahdollisuuksia parhaan saatavilla olevan tiedon pohjalta. Näistä tekijöistä voidaan edelleen tunnistaa keskeiset korjaus- ja muutostarpeet ja varautumiskeinot. Korjaus- ja muutostarpeisiin varautumisen sisältö voidaan koostaa erilaisiksi laskentaan sisällytettäväksi tietyin aikavälein toistuviksi skenaarioiksi. EKAT-hankkeessa kuvitteellisen asuinkerrostalon tulevaisuuden korjaus- ja muutostarpeita eli elinkaaren aikaisia tapahtumia tapahtumatiheyksineen arvioitiin laajassa yhteistyössä hankeryhmän ja sidosryhmien kanssa (ks. luvut 2.2 – 2.4). Ympäristöministeriön laatimaa vakioitua laskentamallia sovellettiin ottamalla huomioon korjaus- ja muutostarpeita, joita ei tavanomaisesti laskennassa huomioida.

Rakennuksen elinkaarelle ennustettuja skenaarioita voivat olla esimerkiksi energia- ja kunnossapitokustannusten kehitys tai oletus rakennuksessa tietyllä toistuvalla jaksolla tapahtuvista vesivahingoista tai tilajärjestelyjen muutoksista. Tällaisia tietoja yhdistellen muodostetaan mahdollisimman uskottava tarina tulevaisuudesta. Skenaariot ovat siis luonteeltaan narratiiveja: ne kertovat tarinaa siitä, miten rakennus voisi muuttua ajan kuluessa, ottaen huomioon omistajien näkemykset tulevista tarpeista. (Waldo ym., 2017.) Lähtökohtaisesti epäuskottavia skenaarioita ei kannata laatia. Esimerkiksi tavanomaista selvästi pidempää käyttöikää tarkasteltaessa onkin suositeltavaa arvioida ja perustella, miksi tämä olisi uskottava vaihtoehto. EKAT-hankkeessa oletettiin, että pitkä käyttöikä voidaan saavuttaa huomioimalla korostetusti rakennuksen toimivuus, joustavuus ja kestävyys vaihtuvissa olosuhteissa, kuitenkin tiedostaen, että todelliseen toteutuvaan käyttöikään vaikuttavat monet muutkin tekijät.

Ympäristöministeriön laatimaa vakioitua mallia erilaisilla skenaarioilla ja pidennetyillä arviointijaksoilla täydentävän laskentaskenaarion etu on, että se tuo näkyväksi vaihtoehtojen eroavaisuudet nimenomaan tavanomaista pidemmän aikavälin perspektiivissä. Tämän ansiosta suunnittelussa voidaan arvioida ratkaisuja, jotka vähentävät rakennukseen kohdistuvia korjaus- ja muutosriskejä. EKAT-hankkeessa arvioitiin kahta konseptitason rakennusvaihtoehtoa (ks. luvut 7 ja 8), jotta voitiin vertailla erilaisten suunnitteluratkaisujen vaikutuksia rakennuksen elinkaariominaisuuksiin sekä päästö- ja kustannusvaikutuksiin. Keskeistä hankekohtaisesti määritettävässä skenaariomallissa on eri vaihtoehtojen vertailu.

2

Työn toteutus

Sini Saarimaa, Arto Toorikka,
Joakim Suvanto, Timo Heikkilä

 Hanke rajautuu asuinrakennuksiin, koska ne muodostavat pääosan Suomen rakennuskannasta. Asuinkerrostalot ovat merkittävä rakennustyyppi kaupungistuvassa Suomessa.

2.1 Työn rajauksia

Työ keskittyi rakennuksen elinkaariominaisuuksiin asuntorakentamisen ja erityisesti **asuinke­rostalojen kontekstissa**. Raja­us on perusteltu sekä tilastollisesti että sisällöllisesti: asuinke­rostalot muodostavat Suomessa merkittävän osan rakennetusta ympäristöstä, ja niiden rooli korostuu edelleen kasvavan kaupungistumisen myötä. Vuonna 2022 Suomessa oli yli 1,3 miljoonaa asuinrakennusta, mikä vastasi noin 86 prosenttia kaikista rakennuksista (SVT, 2023). Pysyvästi vuonna 2022 asutuista asunnoista 47,4 prosenttia oli kerrostaloasuntoja (SVT, 2023). Samana vuonna kerrostaloihin rakennettiin 30 392 asuntoa, kun taas erillistaloihin ja paritaloihin yhteensä vain 10 956 (SVT, 2023). Kerrostalot eivät ole ainoastaan merkittävä osa nykyistä kaupunkiasumista, vaan myös olennainen väline kasvavan kaupunkiväestön majoittamiseen (Tiitu, 2018; Vanhatalo & Partanen, 2022).

Lisäksi muuttuvassa maailmassa, jossa oppiminen ei välttämättä enää ole sidottua koulurakennuksiin eikä työ ole riippuvaista toimistoista, yksi pysyvä lähtökohta säilynee: ihmisten tarve kodille. Asuinke­rostalot voidaan nähdä investointeina, joiden käyttöikä ulottuu jopa vuosisadan mittaiseksi (Kurvinen ym., 2021). Kuitenkin asuminen moninaistuu ja käyttäjien tarpeet muuttuvat ajassa. Muutoksen tarvetta voivat aiheuttaa esimerkiksi digitalisaation myötä syntyneet uudet työnteon ja vapaa-ajan käytännöt, perherakenteiden monimuotoistuminen sekä väestörakenteen ja yhteiskunnallisen hoivan järjestämisen muutokset (Juntto, 2007; 2008a; 2008b; Keurulainen, 2014; Lehtinen ym., 2022). Asuinke­rostalojen on vastattava erilaisiin ja erilaistuviin käyttäjätarpeisiin, samalla kun niiden suunnittelussa haetaan usein sekä kustannustehokkuutta että toistettavuutta.

Samalla rakennettuun ympäristöön kohdistuvat riskit ja haavoittuvuudet ovat lisääntyneet ja lisääntyvät merkittävästi rasis­te­kijöiden kasvaessa ilmastonmuutoksen myötä (Annala ym., 2024; Ilmatieteen laitos, 2023). Tämä lisää vaatimuksia rakenteiden tekniselle toimivuudelle koko elinkaaren ajan. Ilmastonmuutoksen moninaisiin ilmenemismuotoihin – kuten lisääntyviin lämpöaaltoihin, sään ääri-ilmiöihin ja kosteusrasituksiin – on varauduttava juuri määrällisesti suuren asuinke­rostalokannan suunnittelu- ja toteuttamisratkaisuihin. Jos nyt olemassa olevat ja tuotettavat asuinke­rostalojen ratkaisut eivät vastaa muuttuviin ilmasto-olosuhteisiin, merkittävä osa rakennuskannasta on altis ilmastoriskeille. Suomessa ilmastoriskit liittyvät rakennuskannan osalta usein kosteusrasitukseen sen eri muodoissa (Annala ym., 2024; Lahdensivu ym., 2023). Muutokset tulevaisuuden rasis­te­kijöissä tulee huomioida rakennusten suunnittelussa ja ylläpidossa, jotta voidaan välttyä rakenteiden ennenaikaisilta korjaustarpeilta ja korjaustarpeita aiheuttavien ongelmien näiden haitallisilta vaikutuksilta muun muassa sisäilman laatuun.

Asuinke­rostaloja koskevassa tarkastelussa elinkaariominaisuuksien tarkastelun rajaukseksi valittiin säilyvyys, joustavuus ja uudelleenkäytettävyys. Raja­us perustui näiden ominai­suuksien erityiseen merkitykseen kansallisen lainsäädännön näkökulmasta (ks. Hakaste ym., 2024; RakL 751/2023, 39 §). Tarkastelun lähtökohtana oli uudisrakennuksen

suunnittelu: tarkastelun tavoitteena oli siis tuottaa tietoa, joka tukee erityisesti uusien rakennusten suunnitteluprosesseja. Näin ollen useita rakennuksen pitkän elinkaaren kannalta keskeisiä teemoja, kuten rakennuksen ja sen järjestelmien käytön hallintaan sekä tiedonhallintaan ja -kulkuun liittyviä asioita, jätettiin tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Vaikka tuotettua tietoa voidaan soveltaa laajasti erilaisten asuinkerrostalojen suunnittelussa, erityisen relevantiksi kohderyhmäksi elinkaariominaisuuksien osalta on tunnistettu toimijat, jotka rakennuttavat ja ylläpitävät vuokra- tai asumisoikeusasuntoja. Tästä syystä hankkeen kokeellinen suunnittelukohde toteutettiin vuokrakerrostalona ja myös sidosryhmäkysely suunnattiin erityisesti vuokra- ja asumisoikeusasuntojen parissa toimivien organisaatioiden edustajille. Valinnoille löytyy laajasti perusteluja. Ensinnäkin vuokratuotannossa rakennuksen käyttöikä ja toimivuus sekä tilallisesti että teknisesti pitkällä aikavälillä ovat keskeisiä tavoitteita. Vuokrakerrostalojen omistajuus ja hallinta säilyvät usein yhdellä toimijalla, mikä luo kannustimia panostaa säilyvyyteen ja joustavuuteen, jotka vaikuttavat suoraan ylläpitokustannuksiin, vuokratuottoihin ja arvon säilymiseen. Toisaalta koska rakennukseen sidottujen resurssien arvo kiinnostanee näitä toimijoita myös rakennuksen elinkaaren päättyessä, korostuu myös uudelleenkäytettävyyden merkitys.

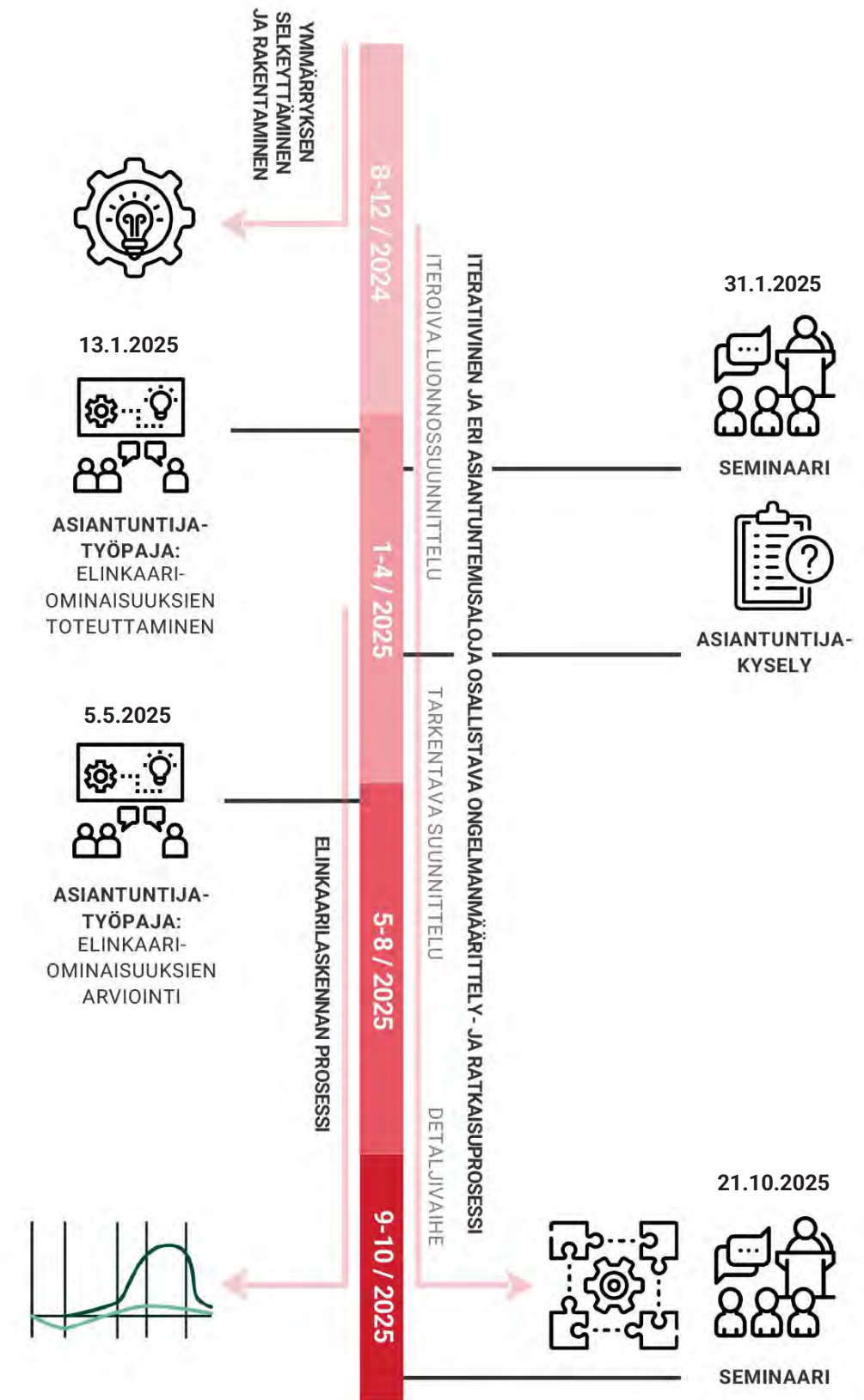
2.2 Suunnittelua hyödyntävä ja alaa osallistava työ monialaisessa yhteistyössä

Suunnittelulla tutkiminen (*Research by Design, RbD*), on lähestymistapa, jossa suunnittelu toimii ymmärryksen tuottamisen välineenä. Moniammatillisessa EKAT-hankkeessa eri alojen asiantuntijat työskentelivät yhteisen suunnittelutavoitteen hyväksi. Yhteistyö rakentui iteratiiviseksi prosessiksi, jossa ongelman määrittäminen ja siihen liittyvien ratkaisujen kehittäminen suunnittelua hyödyntäen tapahtuivat rinnakkain ja osin samanaikaisesti. Kirjallisuuteen tehdyllä katsauksilla oli merkittävä rooli ongelman määrittelyssä ja ratkaisuiden tuottamisessa. (Dorst, 2011; Jones, 2014; Dorst & Cross, 2001.)

Prosessi käynnistyi kontekstin ymmärryksen selkeyttämisellä ja rakentamisella, joka perustui monialaiseen asiantuntijatyöhön. Hankkeen aluksi monialainen tutkimustiimi – arkkitehtuurin, rakennesuunnittelun, talotekniikan ja rakennusfysiikan asiantuntijat – kartoitti sitä, mitä tällä hetkellä tiedetään säilyväksi, joustavaksi ja purettavaksi suunnittelusta, kohdentaen työn asuinkerrostalojen kontekstiin (ks. luku 2.1).

Tämän jälkeen työssä hyödynnettiin iteratiivista ja osallistavaa ongelmanmäärittely- ja ratkaisuprosessia, jonka on aiemmin todettu soveltuvan hyvin erityisesti kompleksisten, suunnittelua hyödyntävien tutkimus- ja kehityshankkeiden jäsentämiseen (Dorst, 2011; Buchanan, 2001). Prosessin aikana keskeisenä ongelmana tarkasteltiin, mitä elinkaariomi-

Kuva 2. Työn toteutuksen prosessi ja aikataulu.



naisuudet – säilyvyys, joustavuus ja uudelleenkäytettävyys – tarkoittavat asuinkerrostalojen suunnittelussa: miten niiden toteutumista voidaan edistää sekä vaikutuksia arvioida.

Ongelmanmäärittely- ja ratkaisuprosessi toteutettiin konkreettisina moniammatillisina työpajoina, joissa eri elinkaariominaisuuksiin perehtyneet asiantuntijat käsittelivät rakennuksen säilyvyyttä, joustavuutta ja uudelleenkäytettävyyttä edistävän suunnittelun tietoperustaa sekä käytännön ratkaisuja. Tavoitteena oli tehdä näkyviksi eri alojen näkökulmat ja rakentaa jaettava ymmärrystä monimutkaisesta sekä laajasta elinkaariominaisuuksien tietokentästä. Tämä vastaa niin sanottua *shared understanding* -lähestymistapaa (esim. Valkenburg & Dorst, 1998), jolla pyritään estämään ratkaisujen (eli hankkeessa tuotetun kuvitteellisen asuinkerrostalon suunnitelman) perustuminen kapeisiin tai yksittäisiin ammattikäsitteisiin.

Ongelmanmäärittely- ja ratkaisuprosessi alkoi syksyllä 2024 alustavilla konsepteilla, jatkui keväällä 2025 tarkentavalla suunnittelulla ja eteni loppukeväällä ja kesällä 2025 detaljivaiheeseen. Eri vaiheissa ja tarkkuustasoissa edennyt luonnostelu (*prototyping*) on olennainen osa suunnittelua hyödyntävää tutkivaa prosessia: se tukee ideoiden konkretisointia ja yhteiskehittelyä matalalla kynnyksellä ja tukeutuu suunnittelumalleihin (Brandt ym., 2013). Luonnosten tarkentuessa hankkeessa tehtiin myös rakenneteknistä laskentaa erityisesti purettavaksi suunnittelua tukevien liitosten osalta. Hankkeelle luotiin laskentamalli RFEM 5-ohjelmaa käyttäen, jota täydennettiin suunnitteluperusteisiin kirjatulla lähtötiedoilla. Saatujen tulosten perusteella suoritettiin elementtirakenteiden liitosten laskentaa. Laskelmat perustuvat eurokoodien SFS-EN 1990-1999 sekä näiden standardien Suomen kansallisiin liitteisiin.

Luonnosten ja suunnittelumalleja hyödyntäen myös kerättiin palautetta monialaiselta asiantuntijajoukolta ja kehitettiin ratkaisua EKAT-hankkeen tammikuun 2025 asiantuntijatyöpajassa. Kokonaisuudessaan neljäkymmentä asiantuntijaa osallistui alkuvuodesta 2025 työpajaan, jonka tavoitteena oli tarkastella elinkaariominaisuuksien laajamittaisempaan hyödyntämiseen liittyviä haasteita ja ratkaisuita. Työpajaan osallistuneet asiantuntijat edustivat monipuolisesti KIRA-alan eri rooleja ja näkökulmia. Eniten asiantuntijaosallistujia oli rakennesuunnittelun, taloteknisen suunnittelun ja arkkitehtisuunnittelun aloilta. Työpajan tuloksista kerrottiin alalle laajemmin jo tammikuun lopussa järjestetyssä avoimessa seminaarissa: nopealla tiedon jakamisella tavoiteltiin monipuolista vuoropuhelua KIRA-alan ammattilaisten kesken.

Käytännössä rakennuksilta ja rakennushankkeilta edellytetään lähes poikkeuksetta vaikutusarviointia kustannusten ja päästöjen suhteen. Tästä syystä ongelmanmäärittely- ja ratkaisuprosessin rinnalle käynnistettiin elinkaarilaskennan vaihe huhtikuussa 2025. Vaiheen tavoitteena oli auttaa alan toimijoita ottamaan huomioon näiden ominaisuuksien taloudellisia ja ympäristöllisiä vaikutuksia ja saavuttaa ymmärrystä siitä, miten elinkaariominaisuuksien huomioon ottaminen voi vaikuttaa rakennushankkeiden kustannuksiin ja päästöihin. Elinkaarilaskentaa taustoitettiin kyselyn avulla (ks. luvut 2.3 ja 6). Elinkaarilaskennan

luonnosmenetelmästä kerättiin palautetta monialaiselta asiantuntijajoukolta toukokuussa 2025 järjestetyssä asiantuntijatyöpajassa. Kokonaisuudessaan kolmekymmentäyhdeksän asiantuntijaa osallistui loppukeväällä 2025 työpajaan, jonka tavoitteena oli tarkastella hankekohtaisesti hyödynnettävää elinkaariominaisuuksien päästö- ja kustannuslaskennan prosessia ja siihen liittyviä kysymyksiä. Työpajaan osallistuneet asiantuntijat edustivat monipuolisesti KIRA-alan eri rooleja ja näkökulmia. Eniten asiantuntijaosallistujia oli rakennuttaminen ja projektinjohton, arkkitehtisuunnittelun sekä kiinteistönomistuksen ja -kehityksen saralta.

Elinkaarilaskennan kokonaisuus eteni rinnakkain ongelmanmäärittely- ja ratkaisuprosessiin liittyvän detalji- ja esitystapavaiheen kanssa. Tämän vaiheen ytimessä oli detaljiratkaisujen kuva-aineiston, visualisointien, kaavioiden ja mallien kehittäminen työn hyödynnettävyyden ja vaikuttavuuden tukemiseksi. Kokonaisuuden lopuksi laadittiin johtopäätökset elinkaariominaisuuksien toteuttamiseen ja arviointiin liittyvistä mahdollisuuksista ja haasteista. Johtopäätöksiä jaettiin alalle lokakuussa 2025 järjestetyssä seminaarissa.

2.3 Kysely

Elinkaarilaskentaa (ks. luvut 2.4 ja 8) taustoitettiin alan toimijoille suunnatun kyselyn tulosten kautta. Kyselyssä kerättiin tietoja vuokra- ja asumisoikeustalojen omistajien edustajien näkemyksistä rakennuksen elinkaaren aikana tapahtuvista muutoksista ja korjauksista, kuten vesivahingoista ja huoneistojen sisäisistä ja välisistä muutoksista, sekä erityisesti niiden esiintymistiheydestä. Lisäksi kyselyllä kartoitettiin näkemyksiä rakennuksen elinkaariominaisuuksista: niiden merkityksestä ja niihin liittyvistä kokemuksista sekä niihin kohdistuvasta kiinnostuksesta.

Jokaisen tunnistetun vuokra- ja asumisoikeusasumisen parissa toimivan organisaation kotisivulta etsittiin kyselyn kannalta oikeiden henkilöiden yhteystiedot. Jokaisesta organisaatiosta kontaktoitiin 1–4 oleellisinta henkilöä riippuen organisaation koosta. Paikoin henkilöiden yhteystietoja ei ollut tarjolla, jolloin viesti lähetettiin organisaation yleiseen sähköpostiosoitteeseen.

Kaikkienensa pyyntö osallistua kyselyyn välitettiin noin 240 sähköpostiin. Pyyntö osallistua kohdennettiin aina suoraan vastaajalle mainitsemalla alkuun hänen nimensä tai (yleisten osoitteiden kohdalla) organisaation nimi. Kyselyssä ei kysytty tai käsitelty henkilötietoja, mutta osallistujille jaettiin tiedote, jossa kerrottiin kyselytutkimuksesta, siihen osallistumisesta sekä kyselyssä luovutettujen tietojen käsittelystä. Kyselyn tuloksia hyödynnettiin elinkaarilaskennan työkokonaisuudessa (ks. luku 2.4).

2.4 Elinkaarilaskenta

Elinkaarilaskennalla tarkoitetaan tässä hankkeessa rakennuksen elinkaaren kustannus- ja päästölaskentaa. Päästölaskennalla tarkoitetaan tässä hankkeessa rakennuksen hiilijalanjälkilaskentaa eli rakennuksen kasvihuonekaasupäästöjen laskemista. Kustannuslaskennalla tarkoitetaan tässä hankkeessa rakennuksen kokonaiskustannusten arviointia koko elinkaaren ajalta, toisin sanoen rakennuksen rakentamisesta, käytöstä ja ylläpidosta aiheutuvien elinkaarikustannusten laskemista.

Elinkaarilaskennan tavoitteena on tuottaa tietoa, jota voidaan hyödyntää rakennushankkeeseen ryhtyessä ja erityisesti rakennusta suunniteltaessa, kun tavoitellaan taloudellista ja ekologista kestävyyttä. Elinkaarilaskennassa rakennuksen elinkaaren eri vaiheiden aikana syntyvät päästöt ja kustannukset lasketaan ja jaetaan moduuleittain, jotka ovat tuotevaihe (A1–A3), rakentamisvaihe (A4–A5), käyttövaihe (B1–B7) ja rakennuksen purkuvaihe (C1–C4). Uudelleenkäyttö ja kierrätys esitetään elinkaaren ulkopuolisina vaikutuksina (D). (ISO 15686-5:2017; SFS-EN 15978:2011.)

Elinkaarilaskenta tehtiin soveltaen kansainvälisiin standardeihin ja rakentamislakiin pohjautuvaa ympäristöministeriön ohjeistusta rakennuksen vähähiilisyyden arvioinnista (Ympäristöministeriö, 2024). Kyseisestä, Suomessa yleisesti käytössä olevasta vakioidusta elinkaarilaskentamenetelmästä poikettiin muun muassa tarkastelemalla rakennuksen elinkaaren kustannus- ja päästövaikutuksia erilaisissa vakioituun tarkasteluun kuulumattomissa skenaarioissa, joihin sisältyi sellaisia elinkaaren aikaisia muuttujia ja tapahtumia, joita ei tavanomaisessa elinkaarilaskennassa huomioida. Nämä hankekohtaisesti valitut muuttujat ja tapahtumat sekä niiden vaikutukset valittiin yhteistyössä hankkeen osapuolten kanssa.

Kustannuslaskennalle ei ole olemassa vastaavaa yhtä vakioitua kansallista laskentamallia. Kustannuslaskentamenetelmänä sovellettiin standardia SFS-EN 16627:2015. Jotta kustannus- ja päästölaskentaa voitiin tarkastella ja vertailla keskenään, käytettiin kustannuslaskennassa samoja oletuksia ja moduulirajauksia kuin päästölaskennassa.

Laskentaa tehtiin hankkeessa pääasiassa kahdella tavalla. Vertailun lähtökohdaksi laskenta tehtiin ympäristöministeriön menetelmän ohjeistuksen mukaisilla moduulirajauksilla ja 50 vuoden tarkastelujaksolla. Hankkeen varsinaiset elinkaariominaisuuksien vaikutuksia tarkastelevat laskennat eli niin sanottu hankekohtainen skenaariotarkastelu tehtiin 200 vuoden tarkastelujaksolla. Tavanomaista pidemmällä ajanjaksolla pyrittiin tarkastelemaan erityisesti säilyvyyteen, joustavuuteen ja uudelleenkäyttöön liittyvien elinkaariominaisuuksien vaikutusta rakennuksen elinkaaren aikana syntyviin kustannuksiin ja päästöihin. Elinkaarilaskennan menetelmiä ja niiden soveltamista käsitellään tarkemmin luvussa 8.



3

Säilyväksi suunnittelu

Mikko Koskivuori, Katja Tähtinen

3.1 Säilyvyyden taustaa

Ominaisuuksiltaan säilyvä rakennus määritellään sellaiseksi, jossa tekninen kestävyys ja kunnossapidettävyyys mahdollistavat hyvin pitkäikäisen käytön alkuperäisessä tai muussa käyttötarkoituksessa (Hakaste ym., 2024). Säilyvyyden määritelmää on taustoitettu muun muassa ympäristöministeriön julkaisussa Elinkaariominaisuudet rakennuksen pitkäikäisyyden edistämiseksi (Hakaste ym., 2024), jossa säilyvyys jaetaan kahteen osaan: **tekninen kestävyys** ja **kunnossapidettävyyys**.

Tekninen kestävyys viittaa rakennuksen ja sen osien sietokykyyn ympäristön ja käytön aiheuttamasta vaurioitumista vastaan. SFS-EN 15643:2021 -standardin *Sustainability of construction works – Framework for assessment of buildings and civil engineering works* täsmällinen määritelmä tekniselle kestävyydelle (*durability*) on komponentin, järjestelmän tai rakenteen kyky säilyttää vaadittu suorituskyky pitkällä aikavälillä edellyttäen määritellyjä huoltotoimenpiteitä ja komponenttien vaihtoja, huomioiden ennakoitavissa olevat rasi- tustekijät eri skenaarioissa sekä oletettu asennustyön laatu. **Kunnossapidettävyyys** viittaa edellytyksiin ylläpitää rakennuksen toimivuutta huoltamalla, korjaamalla tai vaihtamalla lyhytikäisiä tai vanhanaikaistuneita osia rikkomatta merkittävästi pidempi-ikäisiä osia. Edellä mainitun SFS-EN 15643 -standardin täsmällinen määritelmä kunnossapidettävyydelle (*maintainability*) on komponentin, järjestelmän tai rakenteen kyky säilyttää vaadittu suorituskyky tai palautua tähän tilaan vikaantumistilanteessa.

Säilyvyys ei ole siis yksinomaan materiaalien ominaisuus vaan tulosta suunnittelun, ra- kentamisen ja ylläpidon kokonaisuudesta. Säilyvyys kytkeytyy läheisesti elinkaariajatteluun, joissa arvioidaan sekä tekninen suorituskyky että ympäristö- ja talousvaikutukset. Näin ollen käyttöiän hallinta on integroitava suunnitteluprosessiin. Rakennuksen ja sen osien huollettavuus, korjattavuus ja uudelleenkäytettävyyys ovat keskeisiä kriteereitä säilyvyys- ominaisuuksien saavuttamisessa. (CIB, 2021; Rode & de Place Hansen, 2023.) Siten käyttöiän ja säilyvyyden suunnittelussa on otettava huomioon ja arvioitava säilyvyyden eri osakokonaisuuksia.

Säilyvyys on käyttöikäsuunnittelun käytännön toteutuma. Käyttöikäsuunnittelun standardien (ISO 13823:2008; ISO 15686) ja tutkimuskirjallisuuden (mm. Silva, 2022; CIB, 2021) mukaan säilyvyyden arviointi perustuu rakenteiden suunniteltuun käyttöikään, ennakoituihin rasisolosuhteisiin sekä huollon ja korjaamisen mahdollisuuksiin. Näiden tekijöiden hallinta luo perustan sille, että rakennus saavuttaa sille asetetun käyttöiän ja pystyy säilyttämään vaaditun suorituskyvyn koko elinkaarensa ajan.

Säilyvyyden keskeinen tavoite on varmistaa, että rakennuksen toteutunut käyttöikä vä- hintäänkin vastaa suunniteltua käyttöikää, kun otetaan huomioon rakennukseen sen elinkaaren aikana kohdistuvat rasitustekijät. Säilyvyysuunnittelun voidaan katsoa tar- koittavan mahdollisimman hyvien edellytysten luomista rakenteiden ja järjestelmien tekniselle kestävyydelle sekä niiden suunniteltujen ominaisuuksien säilymiselle koko

suunnitellun käyttöiän ajan. Tavoitteena on varmistaa, että rakennuksen käytettävyyden säilyy hyvänä, se on turvallinen käyttäjille ja ympäristölle, sen arvo pysyy korkeana ja sen osien käyttöikä on mahdollisimman pitkä.

Riittävä säilyvyys on myös edellytys rakennuksen elinkaarikustannusten ja hiilijalanjäljen luotettavalle arvioinnille. Ennenaikaiset korjaus- ja uusimistarpeet lisäävät sekä kustannuksia että hiilijalanjälkeä merkittävästi. Lisäksi kasvava kiinnostus kiertotalouden mukaiseen rakentamiseen ja rakennusosien ja -tuotteiden uudelleenkäyttöön sekä purettavaksi suunnittelun (*design for disassembly*) periaatteisiin edellyttää käyttöiän arvioinnin tarkastelua. Säilyvyyteen liittyy erottamattomasti turvallisuuden näkökohta, mikä tekee sen pakolliseksi huomioon otettavaksi kaikessa rakennussuunnittelussa (Hakaste ym., 2024; Rode & de Place Hansen, 2023). Terveellisyyteen ja turvallisuuteen liittyvien seikkojen voidaan katsoa olevan säilyvyysominaisuuksien suomalaisen lainsäädäntöön perustuva minimitaso.

Lakiin pohjautuvat velvoitteet määrittelevät rakennuksen ja sen osien säilyvyyden minimitason, mutta tämän lisäksi säilyvyys voi olla myös lisäarvoa tuottava tekijä ja säilyvyysominaisuudet voivat liittyä myös muihin rakennushankkeelle määriteltyihin erityisiin tavoitteisiin. Tällaiset tavoitteet voivat liittyä yksityiskohtaisemmin esimerkiksi ylläpito- ja korjauskustannuksiin, rakennuksen mahdollisimman hyvään käytettävyyteen, helppoon huollettavuuteen tai käyttövarmuuteen. Hyvät säilyvyysominaisuudet myös edesauttavat muiden elinkaariominaisuuksien toteutumista. Teknisesti kestävä rakennus ehkäisee materiaalien ja komponenttien turmeltumista edesauttaen niiden uudelleenkäytettävyyttä ja materiaalien kierrätettävyyttä. Kestävä ja helposti korjattava rakennus myös edistää muunneltavuuden ja monikäyttöisyyden toteutumista.

3.2 Kirjallisuutta säilyvyyden tavoitteista ja arvioinnista

3.2.1 Lainsäädäntö ja määräykset

Lainsäädännössä säilyvyys huomioidaan vaateena tavoitteellisen teknisen käyttöiän pitkäikäisyydestä ja se pitää sisällään varsinaisten rakennusosien ja järjestelmien teknisen toimivuuden lisäksi myös niiden huollettavuuden, korjattavuuden ja uudelleenkäytettävyyteen. Rakentamislain (751/2023) pykälässä 39 Rakennuksen elinkaariominaisuudet todetaan seuraavasti:

”Rakentamishankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla elinkaariominaisuuksiltaan ekologiseksi sekä tavoitteelliselta tekniseltä käyttöikänsä pitkäikäiseksi. Erityisesti huomiota on kiin-

nitettävä pohjarakenteiden ja kantavien rakenteiden kestävyys sekä rakennuksen ja sen tilojen, rakennusosien sekä teknisten järjestelmien käyttöikänsä, käytettävyyteen, huollettavuuteen, muunneltavuuteen ja korjattavuuteen sekä rakennusosien purettavuuteen ja uudelleenkäytettävyyteen.”

Rakentamislaki ei suoraan ota kantaa tavoitteellisen teknisen käyttöiän pituuteen. Kuitenkin hallituksen perusteluissa 1.1.2025 voimaan astuneen rakentamislain osalta (HE 139/2022) sanotaan, että rakennuksen tilaaja määrittäisi rakennukselle tavoitteellisen teknisen käyttöiän, joka tulisi ottaa rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa huomioon tilaajan vaatimuksena. Rakennuksen käyttöikäsuunnittelussa määritettäisiin myös, minkä rakennusosien ja rakenteiden tulee kestää rakennuksen koko tavoitteellisen käyttöiän ajan sellaisenaan ja mitkä rakennusosat vaativat systemaattista kunnossapitoa ja ovat tarvittaessa vaihdettavissa.

Käyttöikätaivoitteiden asettaminen edellyttää sekä standardien määrittämien vähimmäistasojen että projekti- ja hankekohtaisten (tilaajan ja käyttötarkoituksen mukaiset) kriteerien asettamista ja niiden toteuttamista suunnittelussa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että suunnittelussa erotetaan pitkäikäiset kantavat rakenteet ja lyhytikäiset tekniset järjestelmät ja näille asetetaan erilliset huolto- ja korjaus- ja vaihtosuunnitelmat. (Lacasse & Moore, 2020.) Näin standardien ja projektikohtaisten tavoitteiden tasot voidaan asettaa myös säilyvyyden suunnittelu- ja arviointiperusteiksi. Ympäristöministeriön ohjeessa rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (2020) täsmennetään, että teknisellä käyttöiällä tarkoitetaan rakennuksen käyttöä jatkuvan jälkeistä aikaa, jolloin rakenne, rakennusosa, järjestelmä tai laite täyttää sille asetetut toiminnalliset tekniset vaatimukset. Tekniseen käyttöikänsä voidaan vaikuttaa olennaisesti hoito-, huolto- ja kunnossapitotoimenpitein.

Rakentamislain määräyksiä täsmennetään myös kahdessa ympäristöministeriön asetuksessa. Ympäristöministeriön asetuksessa kantavista rakenteista (477/2014) todetaan, että rakennukset tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että niillä säilyy riittävä lujuus ja vakaus koko suunnitellun käyttöiän ajan. Asetuksen mukaan käytön aikana rakenteella on oltava riittävä luotettavuus sen käyttötarkoitukseen ja sijaintiin nähden. Asetus myös edellyttää, että rakennesuunnitelmissa esitetään säilyvyys- ja käyttöikä tarkastelut suunnittelutehtävään soveltuvassa laajuudessa. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 määrittää, että rakennuksen, rakenteiden ja rakennusosien on oltava sisäiset ja ulkoiset kosteusrasitukset huomioon ottaen kosteusteknisesti toimivia niiden suunnitellun teknisen käyttöiän ajan.

Rakentamislain ja ympäristöministeriön asetusten vaatimuksia voidaan tulkita siten, että rakennushankkeen säilyvyysominaisuuksia tulisi arvioida ja ne tulisi huomioida kohdekohtaisesti. Elinkaariominaisuuksiltaan ekologinen rakennus käytännössä edellyttää rakenteilta ja järjestelmiltä hyvää teknistä kestävyyttä ja mahdollisimman helppoa korjattavuutta. Toisin sanoen riittävän säilyvyyden toteutuminen ja sen todentaminen on edellytys lain vaatimusten täyttämiseksi. Euroopan kestävyysraportointistandardissa

(ESRS, E5) säilyvyys on määritelty tavoitteeksi maksimoida ja säilyttää teknisten ja biologisten resurssien, tuotteiden ja materiaalien arvo luomalla järjestelmä, joka mahdollistaa kestävyiden, optimaalisen käytön tai uudelleen käytön, kunnostuksen, uudelleen valmistuksen ja kierrätyksen. Lisäksi tulee määritellä muun muassa ne toimenpiteet, jotka johtavat tuotteiden kestävyiden lisääntymiseen ja käytön optimointiin sekä korkeampiin korjauksen, kunnostuksen, uudelleen valmistuksen, uudelleen käytön ja kierrätyksen asteisiin. Näiltä osin ESRS-standardin sisältö on linjassa rakentamislain sisällön kanssa.

3.2.2 Ohjeet ja standardit

Käyttöikäsuunnittelun standardien periaatteita on käsitelty ympäristöministeriön julkaisussa Elinkaariominaisuudet rakennuksen pitkäikäisyyden edistämiseksi (Hakaste ym., 2024). Standardeissa keskeisenä lähtökohtana on, että rakennustuotteista tulisi olla saatavilla käyttöikä tietoa niin sanottuna vertailuarvona, joka kuvaa käyttöikää tyypillisissä olosuhteissa. Standardissa ISO 15686-8:2008 *Buildings and constructed assets – Service-life planning – Part 8: Reference service life and service-life estimation* kuvataan kerroinmenetelmä, jonka avulla vertailuikä muunnetaan arvioiduksi käyttöikäksi huomioiden hankekohtaiset olosuhteet.

Myös tutkimuskirjallisuus tukee vahvasti kohdekohtaista arviointia. Kirjallisuuskatsauksen (Silva, 2022) perusteella eri rakenneratkaisujen datapohjaisissa analyyseissä käyttöikäarvioinneissa esiintyy suurta vaihtelua, kun taas standardit ja ohjeet johtavat ääripäiden enimmäis- ja vähimmäisarvojen käyttöön. Havainto korostaa eri rakenneratkaisujen kohdekohtaista tarkastelua, joka ottaa huomioon käyttöikään vaikuttavat eri tekijät. Kerroinmenetelmässä käyttöikään vaikuttavat tekijät jaotellaan seuraaviin osa-alueisiin: suunnittelun laatu, työn laatu, sisäympäristö, ulkoinen ympäristö, käyttöolot, huollon taso sekä rakennusosan laatu.

Rakenteiden säilyvyysuunnittelun periaatteita on käsitelty standardissa ISO 13823:2008 *General principles on the design of structures for durability*. Säilyvyyden olennaisena vaatimuksena on esitetty, että rakenteet ja niiden osat on suunniteltava ja rakennettava ja niitä on ylläpidettävä ja korjattava siten, että ennakoitavissa olevissa olosuhteissa ne säilyttävät vaaditun suorituskykynsä suunnittelun käyttöikänsä ajan riittävällä luotettavuudella turvallisen käytön sekä rakennuksen käytettävyyden varmistamiseksi. Komponenttien, joiden ennustettu käyttöikä on lyhyempi kuin rakenteen suunniteltu käyttöikä, tulee olla tarkastettavissa ja vaihdettavissa. Keskeinen tavoite on varmistaa, että rakennuksen käyttöikä vähintäänkin vastaa suunniteltua käyttöikää, kun otetaan huomioon elinkaaren aikana esiintyvät rasitustekijät. Käyttöikäennuste tulee arvioida huomioiden joko kokemusperäinen tieto, mallinnus tai laskennallinen analyysi tai testaamalla saatu tieto (Petersen ym., 2023; Rode & de Place Hansen, 2023; Silva, 2022). Kaikkien käytettyjen menetelmien tulee kuitenkin perustua rakennustekniikan periaatteiden ymmärtämiseen (Rode & de Place Hansen 2023; Silva, 2022). Säilyvyyden suunnittelun ja toteutumisen olennaisena arvioitavana osana itse rakenteen ja sen osien kestävyiden lisäksi on korjaus-, huolto- ja vaihtotoimenpiteiden toteutettavuus.

Standardi ISO 15868-1:2011 *Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 1: General principles and framework* määrittää, että yksittäisten komponenttien käyttöiät tulee koota pienimmistä osista alkaen koko rakennuksen käyttöiän arvioon. Lisäksi huomioon tulee ottaa jokaisen komponentin suorituskyky odotetuissa olosuhteissa, mukaan lukien todennäköisissä vikaantumistilanteissa, sekä ennen aikaisen vikaantumisen riskit ja niiden vaikutukset käyttöikänsä. Käyttöiän arvioinnin tavoitteena on tarjota perusta sen arvioimiseksi, voidaanko rakennuksen odottaa saavuttavan suunnitellun käyttöikänsä riittävällä varmuudella (ISO 15868-1:2011). Arvioitu käyttöikä yhdessä siihen liittyvien kohdekohtaisten epävarmuustekijöiden arvioinnin kanssa toimii osoituksena siitä, että suunniteltu käyttöikä voidaan saavuttaa nimenomaisessa tarkastellussa kohteessa/rakennuksessa.

Käyttöiän arvioinnin luotettavuus riippuu saatavilla olevan tiedon laadusta ja tehtyjen oletusten oikeellisuudesta. Tästä syystä suunnittelun alkuvaiheessa tulee tehdä päätös siitä, mitkä epävarmuustekijät huomioidaan suunnittelussa ja miten. Käyttöikänsä vaikuttavia muuttujia on runsaasti ja jokaisessa esiintyy epävarmuutta, koska rakennuksissa, niiden käyttöympäristöissä, toteutuksen laadussa sekä huoltotoimenpiteiden toteutuksessa on vaihtelua. Näin ollen rakennuksen tai sen komponenttien käyttöiän täsmällinen arviointi ei ole mahdollista, vaan käyttöikä- ja säilyvyysuunnittelussa pääpaino on todennäköisyyksillä ja mahdollisten riskien arvoiduilla seurauksilla. Hakaste ynnä muut (2024) esittävätkin, että käyttöiän ennustamisen tulisi olla pikemminkin vaativampien riskien hallintaa siten, että ympäristö- ja käyttöolosuhteiden määrittelyssä varauduttaisiin normaalia riskinarvioita laajemmin hyvin vaikeiden ja poikkeuksellisten olosuhteiden riskeihin ja ympäristön muutoksiin.

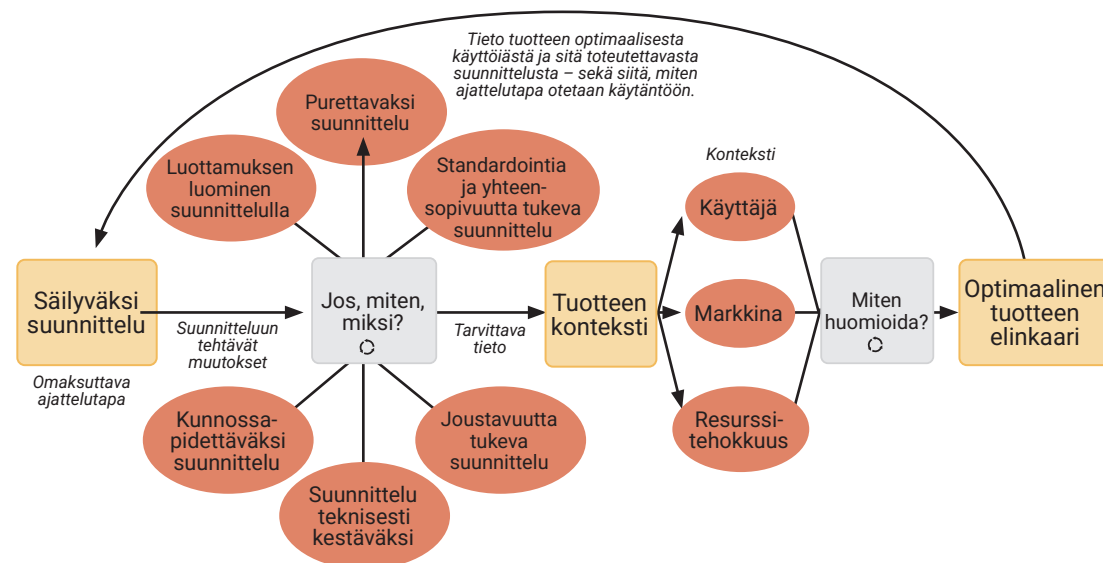
Euroopan komission tiedonannossa (Euroopan komissio, 2021) esitetään prosessi ilmastokestävyiden ja sopeutumistoimien arvioimiseksi. Tavoitteena on varmistaa, että rakenteet ja järjestelmät säilyttävät vaaditun toiminnallisuutensa muuttuvissa olosuhteissa koko suunnittelun käyttöiän ajan. Prosessi perustuu riskiperusteiseen tarkasteluun, jossa lähtökohtana on ilmastoriskien tunnistaminen ja niiden vaikutusten arviointi. Arvioinnissa selvitetään, millaisille ilmastomuutoksen aiheuttamille rasitustekijöille rakennuskohde altistuu. Näiden riskien todennäköisyyttä tarkastellaan skenaariopohjaisesti hyödyntäen alueellisia ilmastomalleja ja ennusteita.

Arvioinnin toisessa vaiheessa tarkastellaan tunnistettujen riskien vaikutuksia hankkeen rakenteisiin, järjestelmiin ja toiminnallisuuteen. Tämä sisältää teknisten ja toiminnallisten haavoittuvuuksien analyysin: millaisia seurauksia muuttuvilla ilmastorasituksilla voi olla rakennuksen käytettävyyden, turvallisuuden tai elinkaarikustannusten kannalta? Säilyvyyden arvioinnissa korostuu vikasietoisuus eli rakenteiden kyky säilyttää toiminnallisuutensa järjestelmien ja komponenttien vikaantumisista huolimatta. Arvioinnin lopputuloksena, vaikuttavuusarvioinnin perusteella, määritellään tarvittavat sopeutumistoimenpiteet, kuten rakenteelliset toimenpiteet, materiaalivalinnat, mitoitusmuutokset tai huoltokäytäntöjen kehittäminen.

3.3 Säilyvyyden suunnittelun periaatteet

Säilyvyyden ja tuotteiden pitkäikäisyyden suunnittelussa (kuva 3) tarkastellaan sitä, kuinka pitkään tuote voi suorittaa halutun toiminnon tietyn ajanjakson aikana. Säilyvyyden ja pitkäikäisyyden suunnittelun tavoitteena on suunnitella tuotteita, joilla on optimaalinen käyttöikä. Optimaalisen käyttöiän ajatellaan huomioivan käyttäjän, liiketoiminnan ja resurssitehokkuuden näkökulmat. (Carlson ym., 2021.)

Myös rakennusten ja niiden osien säilyvyyden suunnittelu perustuu kokonaisvaltaiseen, koko elinkaaren huomioivaan käyttöikäsuunnitteluun, jossa rakennuksen ja sen osien soveltuvuutta aiottuun käyttötarkoitukseen ja kohteeseen arvioidaan teknisten, taloudellisten ja ympäristöllisten tekijöiden perusteella. Säilyvyyden varmistaminen edellyttää, että rakenteet ja niiden komponentit suunnitellaan ja toteutetaan siten, että ne kestävät ennakoitavissa olevat, todennäköiset sekä vaikutuksiltaan merkittävimmät rasitustekijät koko suunnitellun käyttöiän ajan.



Kuva 3. Carlsonin ynnä muiden (2021) laatima vuokaavio havainnollistaa pitkäikäisyyttä edistävän suunnittelun perusajatuksen pääosat ja sen, miten niitä tulisi ennakoida. Mallin perusajatus kuvaa melko hyvin myös rakennuksen säilyvyyden suunnittelun perusajatusta.

Rakennuksen säilyvyys ei ole pelkästään rakenteiden teknistä kestävyttä, vaan siihen sisältyy myös huollettavuus, korjattavuus ja vaihdettavuus. Komponenttien, joiden käyttöikä on lyhyempi kuin rakennuksen kokonaisikä, tulee olla helposti tarkastettavissa ja vaihdettavissa ilman laajoja purkutoimenpiteitä. Tämä edellyttää, että huoltotoimenpiteet

ovat helposti toteutettavissa ja kuluvat komponentit ovat helposti vaihdettavissa. Vikasietoisuuden suunnittelu edellyttää, että mahdolliset vikaantumistilanteet ja niiden seuraukset arvioidaan jo suunnitteluvaiheessa. Tällöin voidaan varautua korjaustoimenpiteisiin, minimoida aiheutuvat korjaustarpeet ja käyttökatkot sekä varmistaa rakennuksen turvallisuus ja käytettävyys myös poikkeustilanteissa.

Koska käyttöikään vaikuttavat tekijät ovat moninaisia ja niihin liittyy epävarmuutta, käyttöikäsuunnittelu perustuu pitkälti todennäköisyyksiin ja riskienhallintaan. Täsmällistä käyttöiän ennustetta ei voida antaa, mutta suunnittelussa tulee osoittaa, että rakennus todennäköisesti saavuttaa sille asetetun käyttöiän. Prosessina säilyvyyden suunnittelu on siis ennen kaikkea riskien arviointi- ja hallintaprosessi, jossa vaikutuksiltaan merkittävimpiin riskeihin varaudutaan riittävillä sopeutumistoimenpiteillä. Säilyvyyden periaatteet edellyttävät myös, että rakennuksen suunnittelussa varaudutaan tuleviin muutostarpeisiin. Mikäli nämä reunaehdot jätetään huomiotta, rakennuksen ja rakennusosien elinkaari ei todennäköisesti ole kiertotalouden näkökulmasta optimaalinen. Rakenteiden muunneltavuus, uudelleenkäytettävyys, kierrätettävyys ja purettavuus ovat keskeisiä tekijöitä, jotka mahdollistavat rakennuksen ja sen osien sopeutumisen uusiin käyttötarkoituksiin ja pidentävät sen elinkaarta.

Käyttöikään ja säilyvyyden suunnitteluun liittyvissä standardeissa suunnittelussa huomioon otettavia ja arvioitavia seikkoja on kuvattu seuraavasti.

Käyttöiän suunnittelussa tulee ottaa huomioon seuraavat seikat (ISO 15868-1:2011):

- Rakennuksen komponenttien todennäköinen suorituskyky rakennuksen elinkaaren aikana odotetussa ulkoisessa ympäristössä sekä käyttöolosuhteissa.
- Rakennuksen elinkaarikustannukset ja ympäristövaikutukset sen koko elinkaaren aikana.
- Käyttö- ja huoltokustannukset.
- Korjausten, vaihtojen, purkamisen, poistamisen, uudelleenkäytön, kierrättämisen ja hävittämisen tarve sekä näiden kustannukset.
- Koko rakennuksen rakentaminen, komponenttien asennus sekä lyhytikäisten komponenttien huolto ja vaihto.

Rakenteen säilyvyysominaisuudet tulisi ottaa huomioon suunnittelussa ainakin seuraavien osakokonaisuuksien perusteella (ISO 13823:2008):

- Rakenteiden suunniteltu käyttöikä.
- Rasitusolosuhteet (ympäristötekijät, käytön aiheuttamat).
- Huollon tai korjaamisen edellytykset ja kustannukset.
- Komponentin vikaantumisen seuraukset: korjauskustannukset sekä toiminnalle tai käyttäjille aiheutuva mahdollinen haitta (vikasietoisuus).
- Osien ja materiaalien nykyinen ja tuleva saatavuus.
- Ikääntymisen vaikutukset teknisiin ominaisuuksiin.

Edellisistä johdettuna EKAT-hankkeessa säilyvyys on ominaisuutena jaettu seitsemään eri osakokonaisuuteen (kuva 4), jotka ovat 1) ympäristön ja käytön aiheuttamien rasisustekijöiden tunnistaminen, 2) vikaantumisen ennakointi, 3) vikasietoisuus, 4) kulutuskestävyys, 5) kunnossapidettävyys, 6) korjattavuus sekä 7) laatu ja laadunvarmistus (ks. kuva 4).

Säilyvyys ominaisuutena on seurausta rakennuksen käyttöikäsuunnittelusta.
Keskeinen tavoite on varmistaa, että rakennuksen käyttöikä vähintäänkin vastaa suunniteltua käyttöikää huomioiden elinkaaren aikana esiintyvät rasisustekijät.

1	2	3	4	5	6	7
Ympäristön ja käytön aiheuttamien rasisustekijöiden tunnistaminen	Vikaantumisen ennakointi	Vikasietoisuus	Kulutuskestävyys	Kunnossapidettävyys	Korjattavuus	Laatu ja laadunvarmistus (suunnittelu, toteutus, huolto)

Kuva 4. Seitsemän osakokonaisuutta, joihin säilyvyys on EKAT-hankkeessa jaettu (ISO 13823:2008 – General principles on the design of structures for durability; ISO 15686-8:2008 – Service life planning – Part 8: Reference service life and service life estimation).

3.3.1 Ympäristön ja käytön aiheuttamien rasisustekijöiden tunnistaminen

Ympäristön ja käytön aiheuttamien rasisustekijöiden tunnistaminen on kokonaisuus, johon säilyvyyden suunnittelu pohjautuu. Rakennuksen säilyvyyden toteutumisen kannalta oleellisin vaihe on tunnistaa rakennukseen sen koko elinkaaren aikana kohdistuvat rasisustekijät. Säilyvyyden suunnittelu mahdollistaa pitkän käyttöiän ja hyvän käytettävyyden. Huomioon otettavia kokonaisuuksia ovat esimerkiksi rakennuksen sijaintiin liittyvät ympäristön rasisustekijät sekä näiden mahdolliset muutokset suunnitellun käyttöiän aikana. Myös rakennuksen käyttötarkoitukseen liittyvät mahdolliset rasisustekijät, joille rakennus ja sen komponentit altistuvat, tulee ottaa huomioon.

Esimerkiksi rakenteiden kosteusteknisen toiminnan suunnittelussa tulee huomioida paikkakohtaiset tulva- ja sademääräennusteet. Avoimilla paikoilla tai vesistöjen läheisyydessä sijaitsevien rakennusten ulkovaipparakenteiden altistuminen voimakkaammalle kosteusrasitukselle tulee huomioida rakenteiden vedenpitävyyden ja vedenohjausten riittävän yksityiskohtaisella suunnittelulla.

3.3.2 Vikaantumisen ennakointi ja vikasietoisuus

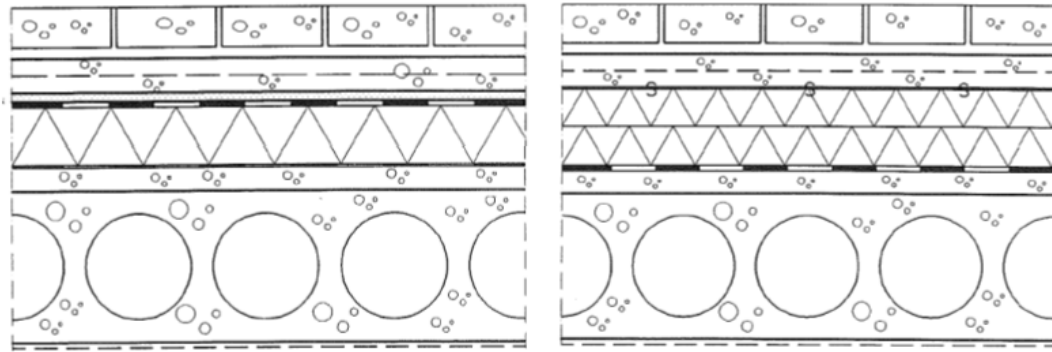
Vikaantumisen ennakointi tarkoittaa sen tunnistamista, millaisilla komponenttien ja esimerkiksi taloteknisten järjestelmien vikaantumisilla voi olla negatiivisia vaikutuksia rakennuksen tai sen komponenttien tekniseen toimintaan tai käyttöikään. Tällaisia voivat olla esimerkiksi laitteistoperäiset vuotovahingot sekä suunnittelun, huollon tai toteutuksen puutteiden seurauksena aiheutuvat ongelmat, kuten vesivuodot ulkoseinärakenteen sisempiin rakennekerroksiin (kuva 5).



Kuva 5. Rakenteiden epäjatkuvuuskohtien kautta vuotovesiä on päässyt kulkeutumaan laajalti rakenteisiin ja vahinkoaluetta ympäröiviin huoneistoihin. (Kuva: Mikko Koskivuori, AFRY Finland Oy.)

Mahdollisten vesivahinkojen haitallisia vaikutuksia voidaan pyrkiä ehkäisemään tai rajaamaan esimerkiksi rakenneliittymien ja epäjatkuvuuskohtien tiivistämisellä. Tiivistyksiä voidaan toteuttaa asuinkerrostaloissa huoneistokohtaisesti tai riskialttiiksi tunnistetuissa tiloissa, joissa sijaitsee vikaantumiselle alttiita järjestelmiä tai laitteita. Tällä pyritään ehkäisemään vuotovesien hallitsematon kulkeutuminen liittyviin rakenteisiin tai vahinkoalueen ulkopuolelle.

Vikasietoisuus liittyy olennaisesti vikaantumisen ennakointiin. Rakenteiden vikasietoisuudella tarkoitetaan ratkaisuja, joiden suunnittelussa, rakentamisessa, huollossa ja käytössä ilmenevät vähäisimmät virheet ja puutteet eivät vielä johda rakenteiden haitalliseen vaurioitumiseen (Hakaste ym., 2024). Rakenteiden toimintaa tulee arvioida siis suhteessa tunnistettuihin ja todennäköisiin vikaantumistilanteisiin. Vikaantumistilanteiden mahdollisia haitallisia vaikutuksia pyritään ehkäisemään tai rajaamaan mahdollisimman kattavasti. Esimerkiksi vuototapauksissa veden kulkeutuminen syvemmälle rakenteisiin tulee estää tai vuotovesien tulee päästä poistumaan rakenteesta vaurioita aiheuttamatta (ks. kuva 6).

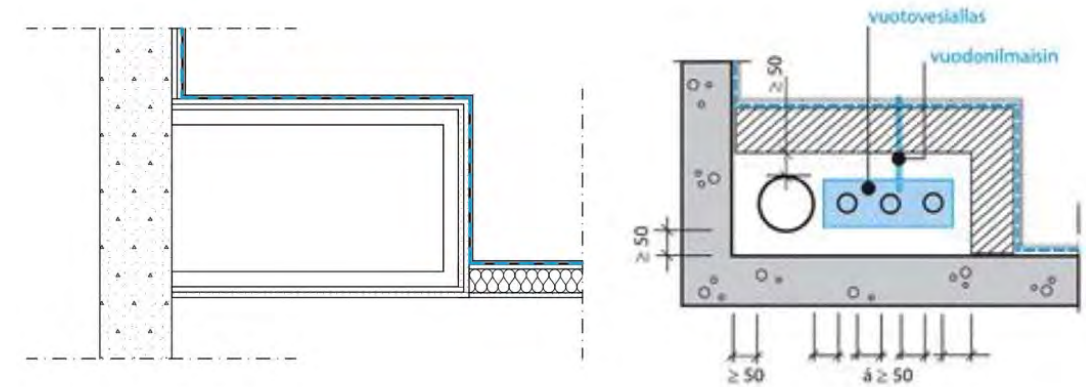


Kuva 6. Rakenteiden vikasietoisuus ja korjattavuus. Esimerkki liikennöidyn pihakannen rakenteesta. Vasemmanpuoleisen suljetun rakenteen toteutustapaan liittyy laajojen kosteusvaurioiden riski, koska vedeneristeiden rikkoutuessa vesi leviää rakenteessa laajalle. Oikeanpuoleinen käännetty rakenne on vikasietoisempi, sillä vaikka alustaan kauttaaltaan kiinnitetystä vedeneristeestä olisi reikä, alustabetoni estää veden leviämisen laajalle alueelle.

3.3.3 Kulutuskestävyys, kunnossapidettävyyden ja korjattavuus

Kulutuskestävyyden osalta rakennuksen osia ja materiaaleja tulee arvioida sen perusteella, millaiselle kulutukselle ne altistuvat. Kulutusta ovat esimerkiksi mekaaninen rasitus ja siivous. Materiaalit tulee valita ennakoitujen kulutusten mukaan siten, että ne mahdollisimman hyvin kestävätkä niihin kohdistuvat rasitustekijät vaurioitumatta tai herkästi tai nopeammin kuluvat osat ja materiaalit ovat helposti vaihdettavissa. Tällaisia osia voivat olla muun muassa yleisten tilojen pintamateriaalit tai rapattujen julkisivujen alaosat, jotka altistuvat jatkuvalle mekaaniselle rasitukselle.

Kunnossapidettävyyden tarkoittaa tunnistettujen kriittisten rakenteiden ja järjestelmien säännöllistä huoltoa ja tarkastelua tai kulumiselle alttiiden osien, rakenteiden, järjestelmien tai materiaalien ylläpidon helppoutta. Tunnistettujen osien huollon ja tarkastuksen tulisi olla mahdollisimman kustannustehokasta, ja osien tulisi olla helposti saavutettavissa (ks. kuva 7). Kunnossapidettävyyden osalta tulee myös tunnistaa kriittisimmät huoltoa tarvitsevat kohteet ja määrittää näille tarvittavat toimenpiteet.



Kuva 7. Talotekniikan asennusten tarkastettavuus ja korjattavuus pystykuiluissa. Kuilut suositellaan sijoittamaan ja toteuttamaan siten, että asennukset ovat helposti tarkastettavissa ja korjattavissa esimerkiksi kylpyhuoneen viereisen kuivan tilan puolelta. Vasemmanpuoleisessa kuvassa talotekniikan asennukset ovat saavutettavissa ja korjattavissa vedeneristeitä rikkomatta.

Korjattavuus tulee ottaa huomioon herkästi vikaantuviksi tunnistettujen, rakenteiden toiminnan kannalta kriittisten ja aiemmin ikääntyvien komponenttien osalta. Korjattavuutta arvioidaan suhteessa esimerkiksi komponenttien vaihdon kustannustehokkuuteen, aiheutuvaan korjauslaajuuteen, korjausaikaan tai korjauksista mahdollisesti aiheutuviin käyttökatkoihin tai aiotun käytön häiriintymiseen. Korjattavuutta tulisi arvioida säännöllisesti etenkin jatkuvasti säärasitukselle altistuvien komponenttien, kuten julkisivuverhousten, osalta. Julkisivuverhouksia valittaessa ja niiden kelpoisuutta arvioitaessa tulisi ottaa huomioon elinkaarikustannuksiin vaikuttavat tekijät, kuten korjattavuus ja vaihdettavuus.

3.3.4 Laatu ja laadunvarmistus

Rakennuksen ja sen toteutuksen laatua voidaan määrittää rakenteiden ja järjestelmien toiminnalle asetettujen tavoitteiden saavuttamisen kautta sekä määrittämällä ja toteuttamalla laadunvarmistusta. Rakenteiden riittävän toiminnan saavuttaminen on koko rakennushankkeen osatekijöiden summa: virheisiin ja puutteisiin varaudutaan suunnittelussa, rakentamisessa, huollossa ja käytössä.

Yhteenvetona voidaan todeta, että säilyvyyden periaatteet muodostavat kokonaisvaltaisen viitekehyksen, jossa otetaan huomioon tekninen käyttöikä, vikasietoisuus, huollettavuus, korjattavuus ja kulutuskestävyys. Rakenteiden ja järjestelmien säilyvyyden varmistamisen tulee mahdollistaa tekninen kestävyys ja säilyvyys, uudelleenkäytettävyys, kierrätettävyys sekä taloudellinen ja ekologinen ulottuvuus. Tämä edellyttää suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon asiantuntijoiden tiivistä yhteistyötä ja suunnitelmien yhteensovittamista. Säilyvyyden suunnittelu perustuu riskienhallintaan, jossa varaudutaan rakennuksen elinkaaren aikaisiin rasitustekijöihin ja vikaantumistilanteisiin sekä mahdollistetaan rakennuksen ja sen rakenteiden sopeutuminen muuttuviin käyttötarkoituksiin ja olosuhteisiin.

3.4 Säilyvyyden arviointi hankkeessa

Säilyvyystavotteiden asettaminen edellyttää, että suunnittelulle määritetään sekä lain-säädännön, viranomaismääräysten ja standardien edellyttämät vähimmäistasot että tilaajan tahtotilaa ja käyttötarkoitusta vastaavat projekti- ja hankekohtaiset kriteerit. Säilyvyyden arviointi hankkeessa perustuu riskiperusteiseen tarkasteluun, jossa lähtökohtana on merkittävimpien riskien tunnistaminen ja niiden vaikutusten arviointi suhteessa hankkeen tavoitteisiin. Suunnittelussa tulee myös erottaa pitkäikäiset kantavat rakenteet sekä lyhytikäisemmät rakenteet ja tekniset järjestelmät ja näille asetetaan erilliset huolto- ja korjaus- ja vaihtosuunnitelmat. Näin standardien ja projektikohtaisten tavoitteiden tasot voidaan asettaa selkeiksi säilyvyyden suunnittelu- ja arviointiperusteiksi rakennushankkeissa.

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lain ja asetusten minimitasot asetetaan säilyvyyden minimitasoiksi ja suunnitteluperusteiksi, ottaen huomioon standardit. Asetettujen tavoitteiden mukaisesti arvioinnissa tarkastellaan eri rakennevaihtoehtojen ominaisuuksia suhteessa minimitasoon, tunnistettuihin riskeihin ja toisaalta haluttuihin hyötyihin, ottaen huomioon kohdekohtaiset reunaehdot ja mahdollisuudet. Kun rakennukseen ja sen osiin kohdistuvat riskit on tunnistettu ja niiden investoinnit on otettu huomioon elinkaari- ja hiilijalanjäljen laskennassa, arvioinnin painopiste siirtyy pelkästä teknisestä kestävydestä kohti kokonaisvaltaista vaikuttavuuden tarkastelua. Riskeihin varautumisen kannattavuus riippuu esimerkiksi siitä, miten niiden kustannukset ja ympäristövaikutukset vertautuvat suhteessa arvioituihin riskeihin ja niiden mahdollisiin seurauksiin.

Rakennushankkeessa asetettujen säilyvyystavotteiden saavuttamisen ja lain ja asetusten vaatimustasojen noudattamisen osoittamiseksi tarvittaisiin systemaattinen ja läpinäkyvä raportointi- ja todentamismalli. Tässä raportointimallissa tulisi dokumentoida säilyvyyteen vaikuttavat tekijät, tehdyt suunnittelu- ja muut ratkaisut perusteluineen sekä toteutus, laadunvarmistus ja niiden todentamismenetelmät. Malli mahdollistaisi arvioinnin tarkastelun jälkikäteen, helpottaisi rakennushankkeeseen liittyviä päätöksentekoprosesseja ja kerryttäisi dataa tulevia hankkeita varten.

On tärkeää ottaa huomioon, että säilyvyyden arviointi perustuu oletukseen rakennuksen jatkuvasta käytöstä koko suunnitellun käyttöiän ajan. Mikäli tämä oletus ei toteudu, esimerkiksi koska rakennuksen käyttö keskeytyy ennenaikaisesti, arvioinnin oletetut tuloksetkaan eivät toteudu, ellei tätä ole huomioitu arvioiduissa skenaarioissa. Tämän vuoksi säilyvyyden arviointikriteerien määrittelyssä korostuu päätöksenteon pohjana olevien tietojen realistisuus. Säilyvyyden arviointi ei ole vain tekninen tarkastelu, vaan se on osa laajempaa riskienhallintaprosessia, jossa pyritään varmistamaan rakennuksen toimivuus, turvallisuus, kestävyys ja käytettävyys muuttuvissa olosuhteissa.

Säilyväksi suunnittelu: Arvioinnin lähtökohdat

Säilyväksi suunnittelulla mahdollistetaan rakennuksen ja sen osien sietokyky ympäristön ja käytön aiheuttamaa vaurioitumista vastaan sekä edellytykset rakennuksen toimivuuden ylläpitämiselle huoltamalla, korjaamalla tai vaihtamalla lyhytikäisiä tai vanhanaikaistuneita osia rikkomatta merkittävästi pidempi-ikäisiä osia.

Säädökset: Rakennus suunnitellaan elinkaariominaisuuksiltaan ekologiseksi: *”Erityisesti huomiota on kiinnitettävä pohjarakenteiden ja kantavien rakenteiden kestävyYTEEN sekä rakennuksen ja sen tilojen, rakennusosien sekä teknisten järjestelmien käyttöikään, - - huollettavuuteen ja korjattavuuteen.”* (RakL 751/2023, 39 §.)

Standardi: General principles on the design of structures for durability. (ISO 13823:2008.)

(○ Tavoite määritetty, □ Toteutettu)

Arvioinnin osa-alue	Arvioinnin keskeinen sisältö	Arviointitapa, dokumentointi
1. Ympäristön ja käytön aiheuttamien rasitus-tekijöiden tunnistaminen	☐ Hankekohtaiset ympäristöön ja käyttö-tarkoitukseen liittyvät erityispiirteet ja rakenteille kohdistuvat rasitustekijät on tunnistettu. ☐ Fyysiset ilmatoriskit ja mahdolliset tulevat muutokset käytössä on määritelty huomioiden käyttöikätaavoitteet.	☐ Hankekohtaiset tavoitteet on määritelty: <i>Mitä tällä hankkeella tavoitellaan säilyvyyden näkökulmasta?</i> Dokumentti: Tarveselvitys-asiakirja ☐ Hankekohtaiset ympäristöön ja käyttöön liittyvät riskit ja rasitustekijät on esitetty hankkeen asiakirjoissa. Dokumentti: Ilmastoriski-arvio, riskiarvioidokumentaatio, suunnitteluperusteet, hankesuunnitelma
2. Vikaantumisen ennakointi	☐ Todennäköiset vikaantumismekanismit, riskit ja niiden vaikutukset on tunnistettu rakennekohtaisesti. ☐ Elinkaaren aikana esiintyvät todennäköisimmät häiriö- ja vahinkotilanteet on määritelty. ☐ Taloteknisten järjestelmien mahdollisesti vikaantumisesta aiheutuvat haitalliset vaikutukset on tunnistettu.	☐ Rakenteiden toteutuksesta on niiden toiminnan kannalta kriittisistä osista on laadittu riittävän yksityiskohtaiset suunnitelmat. Dokumentti: Suunnittelu-dokumentit yksityiskohta-piirustuksineen
3. Vikasietoisuus	☐ Rakenteet on suunniteltu vikasietoisiksi. ☐ Todennäköisimpien häiriö- ja vahinkotilanteiden haitalliset vaikutukset on ehkäisty mahdollisimman kattavasti. ☐ Taloteknisten järjestelmien vikaantuminen ei aiheuta merkittäviä korjaustarpeita liittyviin rakenteisiin.	☐ Tekniset ratkaisut häiriö- ja vahinkotilanteiden haitallisten vaikutusten ehkäisemiseen on esitetty. Dokumentti: Suunnittelu-dokumentit yksityiskohta-piirustuksineen
4. Kulutus-kestävyys	☐ Rakenteet ja pintamateriaalit kestävät niille kohdistuvat kulumista aiheuttavat tekijät vaurioitumatta. ☐ Nopeammin kuluvat ja aiemmin ikääntyvät osat ja materiaalit ovat helposti vaihdettavissa.	
5. Kunnossa-pidettävyys	☐ Rakenteiden ja järjestelmien toiminnan kannalta kriittiset ja säännöllistä huoltoa vaativat osat ja komponentit ovat helposti saavutettavissa tarkastuksia ja korjauksia varten. ☐ Huollon ja ylläpidon toimenpiteet on määritelty riittävän yksityiskohtaisesti hankekohtaisten erityispiirteiden perusteella.	☐ Rakenteiden ja järjestelmien huoltotoimenpiteet ja huoltovälit sekä toimenpiteet häiriötilanteissa on esitetty ja tieto on siirretty rakennuksen käyttövaiheeseen. Dokumentti: Käyttö- ja huolto-ohjekirja
6. Korjattavuus	☐ Taloteknisten järjestelmien ja uusiminen ja korjaaminen on toteutettavissa ilman merkittäviä purkutöitä tai laajoja uusimistarpeita liittyville rakenteille.	☐ Laadunvarmistustoimenpiteet on esitetty hankkeen eri vaiheisiin. Dokumentti: Suunnittelun-ohjauksen dokumentaatio, laadunvarmistussuunnitelma
7. Laatu ja laadun-varmistus	☐ Rakenteiden ja järjestelmien toiminnalle kriittiset tekniset vaatimukset ja tavoite-tasot on määritelty. ☐ Tarkoituksenmukaiset laadunvarmistustoi-menpiteet on määritelty hankekohtaisesti. ☐ Suunnittelun, toteutuksen ja ylläpidon laatu on varmennettu ja dokumentointi.	☐ Säilyvyyssuunnitteluun liittyvät tekijät, sovelletut ratkaisut ja tavoitteiden saavuttaminen on todennettu. Dokumentti: Erillinen raportti

Kuva 8. Säilyväksi suunnittelu: kooste arvioinnista rakennushankkeissa.

4

Joustavaksi suunnittelu

Sini Saarimaa, Leif Lindegren

4.1 Joustavuuden taustaa

Joustavuus pitää sisällään ajatuksen tilan tai sen käytön mukautumisesta ajassa. Kaiken kaikkiaan joustavuus on kuitenkin monipuolinen ja laaja käsite, joka toimii kattoterminä hyvin erilaisille tilan suunnittelun ja toteuttamisen lähtökohdille, kuten tässä luvussa tuodaan tarkemmin esiin. (Esim. Schmidt & Austin, 2016; Schneider & Till, 2007; ISO 20887:2020; Pinder ym., 2017; Kendall & Teicher 2000; Heidrich ym., 2017.)

ISO 15392:2019 -standardi *Sustainability in buildings and civil engineering works – General principle* määrittelee kestävän rakentamisen ja rakennetun ympäristön kolme keskeistä ulottuvuutta: ekologiset, sosiaaliset ja taloudelliset näkökohdat. Kestävyyden sosiaaliset näkökohdat liittyvät erityisesti tässä luvussa käsiteltävään joustavuuteen: joustavuus mahdollistaa rakennetun ympäristön sopeutumisen käyttäjien, yhteisöjen ja yhteiskunnan muuttuviin tarpeisiin, esimerkiksi väestörakenteen, perherakenteiden, elämäntapojen, hoivan järjestämisen tai työnteon tapojen muutoksiin. Lisäksi joustavuus on yhdistetty ihmisten hyvinvoinnin edistämiseen. Käyttäjien tarpeet muuttuvat iän, terveydentilan ja elämäntilanteen mukana. Joustavasti suunniteltu ympäristö voi mukautua näihin muutoksiin ja siten mahdollistaa asumisen tutussa ympäristössä pidempään, esimerkiksi toimintakyvyn heikentyessä. (ISO 20887:2020, s. 11; Maununaho ym., toim. 2024; Maununaho, 2024; Marco ym., 2022; Marco, 2022; Femenias & Geromel, 2020.) Tutkimuksissa on myös osoitettu, että asukkaiden rakennetussa ympäristössä arvostamat tekijät nivoutuvat yhteen joustavuuden kanssa (esim. Kuoppa ym., 2019; Finlay ym., 2012; Saarimaa, 2023).

Joustavuus voi myös pidentää rakennuksen käyttöikää, mikä puolestaan korostaa sen merkitystä ekologisen kestävyyskannalta. (esim. Schmidt & Austin, 2016; Hakaste ym., 2024, SFS-EN 16309 + A1:2014.) Rakennusten ennakoitu joustavuus vähentää rakenteellisten ja laajojen muutosten tarvetta pienentäen näin välttämättömiin elinkaaren aikaisiin muutoksiin liittyvää materiaalien ja resurssien kulutusta. Vaikka joustamaton, vain yhteen käyttöön soveltuva rakennus on todennäköisesti myös ekologisesti kestävämpi kuin joustava, moniin käyttöihin soveltuva rakennus, joustavuuden suhde ekologiseen kestävyyskannalta on kuitenkin monisyinen, eikä selkeiden syy-seuraussuhteiden osoittaminen ole usein mahdollista. Tämä johtuu myös siitä, että vaikka rakennettu ympäristö sisältäisi joustavuuspotentiaalia, tämä potentiaali tukee ekologisen kestävyyskannalta tavoitteita vasta silloin, kun se hyödynnetään rakennuksen pitkä käyttöikää edistäen.

Joustavuus kytkeytyy tiiviisti myös taloudelliseen kestävyyskannalta (SFS-EN 16309 + A1:2014). Taloudellisen kannattavuuden parantuminen voi olla keskeinen motiivi joustavuuden edistämiseksi, sillä joustava rakennus on lähtökohtaisesti helpommin vuokrattavissa erilaisille käyttäjille ja sopeutettavissa muuttuviin käyttäjien tarpeisiin. Samalla joustavuus voi edistää rakennuksiin sidottujen resurssien tehokkaampaa käyttöä, josta on hyötyä niin omistajan kuin yhteiskunnan tasolla. (Häkkinen & Ala-Kotila, 2019.)

Joustavuus teemana ei ole rakennetussa ympäristössä uusi. Rakennuksia alettiin tietoisesti suunnittelemaan joustaviksi jo 1800-luvun lopulla, kun Euroopassa oli meneillään teollinen vallankumous. Tuolloin Euroopassa alkoi laaja asuntoreformi vastauksena teollistumiskehitykseen sekä uusiin rakentamisen tapoihin, kuten esivalmistuksen käyttöön, ja uusien rakennusmateriaalien, kuten teräsbetonin, käyttöön. Funktionalistisen asuntosuunnittelun kehittäminen liittyi monin tavoin tilan tehokkaaseen käyttöön ja siten joustavuuteen. Koska rajallista tilaa oli tärkeää voida käyttää tehokkaasti, laadittiin lukuisia arkkitehtonisia ja tilallisia tarkasteluja, joissa käsiteltiin asuintilan ajassa muuttumisen mahdollisuuksia (ks. esim. Tarpio, 2015; Schneider & Till, 2007; Schmidt & Austin, 2016).

Näistä varhaisista modernistisista kokeiluista lähtien joustava tila on ollut toistuva teema sekä arkkitehtuurin praktiikassa että kiinteistö- ja rakentamisalan akateemisessa tutkimuksessa (ks. esim. Leupen, 2006; Schmidt & Austin, 2016; Schneider & Till, 2007; Habraken 1972; Habraken & Teicher, 1998; Brand, 1994; De Paris & Lopes, 2018; Heidrich ym., 2017; Askar ym., 2021). Suuri osa tutkimuslinjan töistä käsittelee joustavuuden luokittelua (esim. Schmidt & Austin, 2016; Tarpio, 2015) ja rakennusten eri tasojen määrittelyä, jotka vaikuttavat joustavuuteen (ks. mm. Habraken, 1972; Leupen, 2006; Brand, 1994). Uusin aihealueen tutkimus on pyrkinyt tekemään kriittisiä arvioita pitkästä tutkimuslinjasta, tunnistamaan eri aikojen tutkimus- ja kehityssuuntauksia (esim. Schmidt & Austin, 2016; De Paris & Lopes, 2018; Heidrich ym., 2017; Askar ym., 2021) sekä kehittämään keinoja ja menetelmiä rakennusten joustavuuden arviointiin (ks. luku 4.2). Rakennetun ympäristön joustavuus on pysynyt pitkään kiinnostava aiheena kiertotaloustavoitteiden ollessa pinnalla (Saarimaa, 2025), ja se liittyy myös jätehierarkian (Euroopan komissio, ei pvm.) tavoitteisiin vähentää jätteiden määrää.

Huolimatta aihealueen pitkästä tutkimuslinjasta sekä siitä, että Suomessa aihealuetta on tutkittu perusteellisesti (esim. Kahri, 1993; Tiuri, 1997; Tarpio, 2015; Krokfors, 2017; Saarimaa, 2023), joustavuus ei ole juurtunut suomalaisen asuntorakentamisen käytäntöihin (Häkkinen & Tarpio, 2021, s. 31; Saarimaa & Pelsmakers 2020; ks myös Heidrich ym., 2017). Vuoden 2025 alussa voimaan astunut rakentamislaki (751/2023) kuitenkin vaatii, että rakennus suunnitellaan elinkaariominaisuuksiltaan ekologiseksi, ja että *"erityisesti huomiota on kiinnitettävä - - rakennuksen ja sen tilojen, rakennusosien sekä teknisten järjestelmien - - käytettävyyteen - - muunneltavuuteen."* (RakL 751/2023, 39 §). Joustavuuden alakategoria, muunneltavuus, sisältyi kuitenkin jo vuonna 1999 voimaan tulleen maankäyttö- ja rakennuslakiin (132/1999), jonka pykälän 117 (Rakentamiselle asetettavat vaatimukset) mukaan *"Rakennuksen tulee olla tarkoitustaan vastaava, korjattavissa, huollettavissa ja muunneltavissa sekä, sen mukaan kuin rakennuksen käyttö edellyttää, soveltua myös sellaisten henkilöiden käyttöön, joiden kyky liikkua tai toimia on rajoittunut"*. Mainintaa ei ole tarkemmin täsmennetty tai määritelty asetusten avulla, ei aiemman lain eikä nykyisen lainkaan yhteydessä.

4.2 Kirjallisuutta joustavuuden tavoitteista ja arvioinnista

Yleisesti joustavuuden aihealue on jaoteltu eri lähestymistapoihin, johon palataan tarkemmin joustavuuden periaatteita käsittelevässä luvussa 4.3: **muunneltavuutta** korostavaan lähestymistapaan (engl. *flexibility, convertibility, transformability*) sekä **monikäyttöisyyttä** korostavaan lähestymistapaan (engl. *multi-usability, neutrality* ja myös *generality*). Kolmantena erillisenä pääteemana on nostettu esiin tilan tai rakennuksen koon muutos, toisin sanottuna tilan **laajentuminen tai supistuminen**, joka voidaan lukea osaksi rakennuksen muunneltavuutta. Edellä esitetty jaottelu on laajalti hyväksytty aihealueen tutkimuskirjallisuudessa, ja se on omaksuttu myös standardiin ISO 20887:2020, joka käyttää kattokäsitteenä käsitettä *adaptability* (joustavuus) ja jäsentää sen kolmeen alakäsitteeseen: *versatility* (monikäyttöisyys), *convertibility* (muunneltavuus) ja *expandability* (laajennettavuus). Näihin kolmeen aiheeseen viitataan kansainvälisessä tutkimuskirjallisuudessa erilaisin, paikoin ristiriitaisinkin käsittein (esim. Askar ym., 2021).

Yksinkertaistettuna **muunneltavuus** tarkoittaa sitä, että tila saadaan muutettua uuteen käyttöön sopivaksi tai uusiin käyttöihin sopiviksi rakennus- ja/tai taloteknisiä toimenpiteitä tekemällä (ISO 20887:2020)². Muunneltavuuden lähtökohtana on tilan ominaisuuksien, rakenteiden, liitosten ja pintojen sekä taloteknisten ratkaisuiden suunnitteleminen siten, että tilaa voidaan muuttaa rakennuksen elinkaaren aikana. Tämä vaatii sitä, että tietoisesti vähennetään rakennuksen eri tasojen (ks. luku 1.2) keskinäisiä vaikutuksia eli tuetaan eri tasojen keskinäistä riippumattomuutta (Habraken, 1972; Habraken & Teicher, 1998; Habraken, 2008; Habraken ym. 1976; Leupen, 2006; Brand, 1994). Rakennuksen **laajentaminen** edellyttää aina rakennus- ja/tai taloteknisiä toimenpiteitä, joten sitä voidaan pitää muunneltavuuden osana. Toisaalta ISO-standardi 20887 käsittelee laajentamista kolmantena, täysin erillisenä joustavuusperiaatteena.

Monikäyttöisyys taas tarkoittaa sitä, että tilaa on mahdollista käyttää erilaisiin toimintoihin tai tarkoituksiin ilman merkittäviä muutoksia (ISO 20887)³. Olemassa olevien järjestelmien, kuten taitto- tai liukuseinäjärjestelmien, hyödyntäminen rakennuksen elinkaaren aikana eri käyttöjen mahdollistamiseksi voidaan nähdä osana monikäyttöisyyttä: tällöin tilan eri käytöt mahdollistuvat ilman rakenteellisia muutoksia tai remonttitarvetta.⁴ Samaan tapaan esimerkiksi liikuntasali voi toimia myös teatterina ilman rakennus- ja/tai taloteknisiä

² ISO-standardi 20887 määrittelee muunneltavuuden rakennetun ympäristön kyvyksi vastata merkittäviin käyttäjätarpeiden muutoksiin tilamuokkauksilla: *"Convertibility is the ability to accommodate substantial changes in user needs by making modifications."*

³ ISO-standardi 20887 määrittelee monikäyttöisyyden rakennetun ympäristön kyvyksi mukautua erilaisiin toimintoihin pienillä järjestelmämuutoksilla: *"Versatility is the ability to accommodate different functions with minor system changes."*

⁴ ISO-standardi 20887 esittää muokattavalla seinäjärjestelmällä (engl. *folding partitions*) tehtävän huoneen jakamisen esimerkkinä monikäyttöisyydestä (ISO 20887:2020, s. 12).

toimenpiteitä, jos siinä on huomioitu jo suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa esimerkiksi esiin kääntyvät istuimet tai lava sekä akustiikkaan liittyviä ratkaisuja. (ISO 20887:2020.)

Suomalaisessa kiinteistö- ja rakentamisalan ammattisanastossa joustavuutta kuvataan toisinaan käsitteellä *muuntojoustavuus*. Käsite on kuitenkin ongelmallinen, sillä se painottaa muunneltavuutta ohittaen monikäyttöisyyden ulottuvuuden. Usein joustavuutta on määritelty myös rakennushankkeen vaiheiden mukaan: esimerkiksi *suunnittelujoustolla* (RT 93-11232, 2016) on tarkoitettu mahdollisuutta sopeuttaa rakennusta muuttuviin tilanteisiin (kuten varaustilanteisiin) jo suunnitteluvaiheessa, ennen rakennuksen rakentamista. On syytä huomata, että vaikka tässä julkaisussa keskitytään käytön aikaisen joustavuuden mahdollistamiseen, sen edellytykset luodaan suunnitteluvaiheessa. Rakennuksen käyttövaiheen joustavuuden edistäminen tukee myös *suunnittelujoustoa*.

Jotta rakennetun ympäristön joustavuutta voidaan edistää, sitä pitäisi pystyä arvioimaan, siinä määrin kuin se on mahdollista näin abstraktin käsitteen ollessa kyseessä (Hakaste, 2015; ks. myös Heidrich ym., 2017). Viime vuosikymmenen aikana onkin pyritty kehittämään keinoja ja menetelmiä rakennusten joustavuuden arviointiin. Niitä on käsitelty sekä akateemisissa tutkimusartikkeleissa että kansainvälisissä standardeissa. Seuraavassa esitellään aiempaa kirjallisuutta joustavuuden arvioinnista. Katsaus ei ole kaikenkattava, vaan sen tarkoituksena on tuoda esiin erilaisia joustavuuden arviointiin liittyviä näkökulmia.

Suunnitteluvaiheen joustavuuden arviointiin perustuvat tutkimukset

Monet joustavuuteen liittyvät arviointimenetelmät keskittyvät rakennusten laajoihin käyttötarkoitusten muutoksiin, kuten muutoksiin toimistorakennuksista asuinrakennuksiksi. Esimerkkejä tällaisista menetelmistä ovat ARP- ja AdaptSTAR-mallit (ks. esim. Conejos ym., 2013; 2014; 2015). Käyttötarkoituksen muutosten tarkastelu on tärkeää, mutta niihin keskittyminen saattaa jättää varjoonsa sen seikan, että rakennuksen tulisi tarjota käyttäjilleen erilaisia mahdollisuuksia myös silloin, kun sen varsinaista käyttötarkoitusta ei muuteta. Paikoin nämä menetelmät myös jäävät abstraktille tasolle ja tarkastelevat rakennuksen ominaisuuksia vain pintapuoleisesti. Esimerkiksi Conejosin ynnä muiden (2013) luoma AdaptSTAR-malli pyrkii tarjoamaan keinon arvioida ja pisteyttää potentiaalia onnistuneeseen käyttötarkoituksen muutokseen rakennusta suunniteltaessa. Arvioinnin osa-alueet ovat

- rakennuksen fyysiset ominaisuudet ja niiden osien pitkäikäisyys (engl. *physical*)
- rakennuksen sijaintiin liittyvät ominaisuudet, kuten saavutettavuus ja alueen tiiviys (engl. *economic*)
- rakennuksen käyttöpotentiaali ja toiminnallisuus sekä toimintojen joustavaan sijoitteluun ja muutokseen liittyvät tekijät (engl. *functional*)
- teknologiset ja ekologiseen suorituskykyyn liittyvät ominaisuudet (engl. *technological*)
- sosiaaliset ja historialliset ulottuvuudet (engl. *social*)

- ajantasaisiin lakivaatimuksiin liittyvät ulottuvuudet (engl. *legal*)
- poliittiset, esimerkiksi valtaan ja osallisuuteen liittyvät, kysymykset (engl. *political*) (Conejos ym., 2013).

Arvioinnin osa-alueet ovat kokonaisvaltaisia ja tuovat esiin erilaisia aiheita, jotka on huomioitava käyttötarkoituksen muutoksen tavoittelussa. Laajuudessaan aiheet ovat kuitenkin valitettavan ylimalkaisia. Jää epäselväksi, mikä indikoi mallissa muodostettujen kriteereiden täyttämistä ja siten tietyn pistemäärän saavuttamista.

Eräs esimerkki joustavuusominaisuuksien analyysistä on esitetty Živkovićin ja Jovanovićin (2012) tutkimuksessa. He keräsivät valikoiman muunneltavaksi suunniteltuja asuinhuoneistoja ja määrittelivät niistä ominaisuuksia, jotka näyttävät vaikuttavan huoneistojen joustavuuteen. Tutkijat esittivät aiheiden olevan tärkeitä laajemminkin joustavuuden arvioinnissa. Aiheet ovat seuraavat: 1) asunnon suuntaus (avautuminen yhteen suuntaan, kahteen suuntaan tai yli kahteen suuntaan), 2) pohjapiirroksen geometria, 3) koko, 4) sisäänkäyntien lukumäärä ja sijainti, 5) talotekniikan asemointi (ryhmitetty tai yksittäinen) ja 6) rakennuksen rakenne. Rakenteellisesti joustavuutta tukevia ratkaisuja löytyi sekä kantavien seinien että pilaripalkkijärjestelmien saralta. Vaikka yllä mainittuja tekijöitä on tärkeää tarkastella suunnittelussa, niiden merkitys laajemmin joustavuuden arviointikriteereinä on kyseenalainen. Tämä johtuu siitä, että tutkimuksessa tuotetut kriteerit huomioivat vain muunneltavuuden, ja että esiteltujen ominaisuuksien vaikutus joustavuuteen riippuu aina valitusta joustavuuden tavoitteesta (tavoitellaanko esimerkiksi monikäyttöisyyttä vai muunneltavuutta).

Geraedts (2016) on niin ikään kehittänyt joustavuuden arviointimenetelmiä. Geraedtsin (2016) tarkastelu keskittyy koulu- ja toimistorakennuksiin, ja hän esittää sekä yleisiä arviointitaulukoita että erityisesti koulu- ja toimistorakennuksiin kohdistuvia arviointitaulukoita, joita toki voi jossain määrin hyödyntää myös asuinrakennusten kontekstissa. Arviointi on jaettu kategorioihin, jotka on johdettu Brandin (1994) rakennetun ympäristön tasoja koskevasta teoriasta (ks. luku 1.2). Arviointitaulukon pyytämät suureet ovat pääosin numeerisia (esim. prosentit), mutta prosenttiosuutta kuvaavan lopputuloksen saavuttamiseksi on tehtävä laadullinen arviointi, jonka taustoja ei ole määritelty Geraedtsin (2016) puolesta avoimesti. Olisi tärkeää tarjota selvemmat ohjeet siihen, miten rakennuksen ominaisuuksista muodostetaan numeraalisia parametreja. Esimerkiksi Geraedtsin (2016) arviointitaulukosta Rakenteet-osiossa keskitytään ”rakennuksen ylimääräiseen alaan”. Analyysin tulosta koskevat vaihtoehdot ovat ”Ei ylimitoitettu (huono)”, ”10–30 % ylimitoitettu (normaali)”, ”30–50 % ylimitoitettu (parempi)” ja ”> 50 % ylimitoitettu (paras)”. Kysymykseksi jää, kuinka ylimääräinen ala lasketaan – mikä siis esimerkiksi määrittää minimialaa, jonka ulkopuolinen ala voitaisiin määrittää ”ylimääräiseksi”?

Toisen esimerkin voi nostaa Geraedtsin (2016) Tila-osioista. Malli esittää analyysikohdaksi sen, onko rakennuksen mahdollista muuntaa erilaisiin toimintoihin, kuten työnteon, asumisen, terveydenhoidon ja kaupan tilaksi. Analyysin tulosta koskevat vaihtoehdot

ovat ”Mahdollisuus yhteen toimintoon (huono)”, ”Mahdollisuus kahteen toimintoon (normaali)”, ”Mahdollisuus kolmeen toimintoon (parempi)”, ”Mahdollisuus > 3 toimintoon (paras)”. Tämän arviointiskaalan mukaan erilaisia asumisen mahdollisuuksia tarjoava, esimerkiksi mitoitukseltaan monikäyttöinen ja eri huoneistotyyppeihin ja huoneistojakaumiin taipuva, asuinkerrostalo olisi joustavuudeltaan huono ratkaisu. Kestävyyden nimissä rakennuksen tulisi kuitenkin ilman laajaa käyttötarkoituksen muutostakin tarjota käyttäjilleen erilaisia käytön mahdollisuuksia.⁵

Arge (2005) tarkasteli toimistorakennusten joustavuusominaisuuksia. Hän jakoi joustavuuden kolmeen kategoriaan: 1) monikäyttöisyyteen, joka on rakennuksen kykyä kohdata käyttötarkoituksen muuttuminen ilman rakennuksen ominaisuuksien muuttamista, 2) muunneltavuuteen, joka on rakennuksen kykyä kohdata käyttötarkoituksen muuttuminen helposti tehtävillä rakennuksen ominaisuuksien muutoksilla, ja 3) elastisuuteen, joka nähdään rakennuksen kykynä vastata käyttötarkoituksen muuttumiseen laajentamalla ulkoisesti tai jakautumalla sisäisesti. Yhteys standardin ISO 20887:2020 tunnistamiin joustavuusaiheisiin (ISO 20887:2020) on selkeä. Näiden seikkojen arvioinnissa käytettiin mitattavia tai ainakin jossain määrin määriteltäviä parametreja, kuten rakennuksen muotoa, tilojen järjestelyä, rakennuksen runkosyvyttä, toiminnollista järjestelyä (esim. erityistilojen, kuten kylpyhuoneiden, erottelua muista alueista), huonekorkeutta, teknistä moduulijakoa, LVISA-järjestelmien ominaisuuksia tai kapasiteettia, LVISA-järjestelmien saavutettavuutta ja sijoittumista (esim. korotettu asennuslattia, alaslaskettu katto), akustisia ratkaisuja, ei-kantavien sisäseinien ratkaisuja (esim. järjestelmäseinä), kulunvalvontajärjestelmiä ja paloturvallisuuden järjestelmiä (esim. sprinklaus). Toimistorakennusten kohdalla mainittujen seikkojen arviointi ja pisteyttäminen on todennäköisesti hyödyllistä. Vaikka asuinrakennusten kohdalla ylimääräinen kerroskorkeus tai lisätty asennuslattia eivät välttämättä näyttäytyä suoranaيسina joustavuuden vaatimuksina, kerroskorkeudella on kuitenkin useita vaikutuksia myös asuinrakennuksen joustavuuteen. Rakennusteknisten järjestelmien, kuten LVI-ratkaisujen, toteuttaminen edellyttää usein tiettyä vähimmäiskorkeutta, ja matalat kerroskorkeudet rajoittavat merkittävästi järjestelmien myöhempää muunneltavuutta. Tämä on havaittavissa erityisesti 1970-luvun asuinkerrostaloissa, joiden perusparantaminen esimerkiksi viilennyksellä varustetulla tulo-pois-toilmanvaihtojärjestelmällä on usein rakenteellisesti haastavaa. Näissä tapauksissa tekniset rajoitteet voivat muodostua niin merkittäviksi, että ne osaltaan johtavat rakennusten purkamiseen.

Krokforsin (2017) tutkimuksessa on esitetty joustavuuden arvioinnin kehikko. Arviointi perustuu tilayksikköajatteluun (engl. *space unit logic*), joka luo Krokforsin (2017) mukaan pohjan joustavuuden arvioimiselle eri mittakaavatasoilla, huonetiloista aina kaupunkirakenteeseen. Tutkimuksessaan Krokfors (2017) jakaa joustavuuden ominaisuudet seuraaviin

⁵ Toisaalta, jos esimerkiksi kaavoitus näin mahdollistaisi ja rakennukset muutoksiin kustannustehokkaasti taipuisivat, voisivat (merkittävätkin) käyttötarkoituksen muutokset olla selvästi yleisempiäkin, erityisesti tulevaisuudessa, kun purkavaa uudisrakentamista todennäköisesti halutaan välttää kestävyysyistä.

kolmeen osa-alueeseen: **hengittävyys** (engl. *breathability*), **dynaamisuus** (engl. *dynamism*) ja **elastisuus** (engl. *elasticity*). Hän toteaa niiden olevan samanaikaisesti sekä joustavuuden keinoja että päämääriä. **Hengittävyys** liittyy rakennuksen mahdollisuuteen muuttua suhteessa erilaisiin käyttötarkoituksiin ajassa. Hengittävyyden kannalta tärkeintä on kunkin tilayksikön riippumattomuus ja mahdolliset vuorovaikutukset tilayksiköiden välillä. **Dynaamisuus** viittaa rakennetun ympäristön tilallisiin ominaisuuksiin, jotka mahdollistavat joustavuuden. Niitä ovat tilan jaettavuus (engl. *divisibility*), kapasiteetti (joka viittaa sekä tilan laajuuden kapasiteettiin että myös rakenteelliseen ja tekniseen kapasiteettiin) (engl. *capacity*), valmiuden tai viimeistelyn vaihe, joka viittaa lisäksi laajentumisen ja supistumisen potentiaaliin (engl. *cycle of completeness*), ja tilan luonne, joka viittaa siihen, kuinka spesifi tai neutraali tila on suhteessa käyttötarkoitukseensa (engl. *nature of space*). (Krokfors, 2017.) **Elastisuus** taas yhdistää edellisiä: mitä suurempi elastisuus, sitä enemmän variaatiopotentiaalia rakennuksessa on. Krokforsin (2017) tutkimus tarkastelee erilaisia joustavuuden muotoja laajasti, ja käsitteet liittyvät standardin ISO 20887:2020 tunnistamiin joustavuusaiheisiin (ISO 20887:2020). Voi kuitenkin olla haastavaa ottaa hengittävyyden, dynaamisuuden ja elastisuuden kaltaiset käsitteet käyttöön sellaisenaan rakennetun ympäristön kehittämisen ja arvioinnin käytänteissä.

Herthogs ynnä muut (2019) ovat kehittäneet kvantitatiivisen joustavuuden arviointimenetelmän. Joustavuus ymmärretään mallissa kuitenkin suppeasti: Monikäyttöisyys (josta käytetään englanniksi käsitettä *generality*, G) ymmärretään rakennuksen tilojen välisten kulkuyhteyksien määrän kautta, kun kulkuyhteys on vähintään 0,8 m leveä. Monikäyttöisyysarviointi kuvaa siis olemassa olevan tilakokonaisuuden läpäisevyyttä (*permeability*) sellaisenaan. Muunneltavuus (josta käytetään englanniksi käsitettä *adaptability*, A) puolestaan ymmärretään mahdollisuudeksi lisätä rakennuksen tilojen välisiä yhteyksiä, eli se kuvaa mahdollisuutta lisätä tilakokonaisuuden läpäisevyyttä (*permeability*). Näin ollen Herthogsin ynnä muiden (2019) menetelmässä tilakokonaisuus, jossa kaikki mahdolliset tilat on mahdollista yhdistää, edustaa korkeinta mahdollista joustavuutta (*maximum adaptability*). Joustavuuden todentamisen taustaksi jäävät laskutoimituksessa käytetyt kaaviot. Metodi tulkitsee joustavuuden yksipuolisesti, ja sen käyttäminen on melko mutkikasta.

Viime vuosien aikana julkaistuissa tutkimuksissa on myös esitelty arviointityökaluja, joilla pyritään edistämään kokonaisvaltaisesti kiertotalouden mukaista rakennusten kehittämistä ja suunnittelua. Yksi esimerkki kiertotalouden tavoitteiden edistämiseen tähtäävästä rakennusten analyysimenetelmästä, jossa joustavuuden aihe on luettu mukaan, on Damsin ynnä muiden (2021) CCEF-arviointikehys (The Circular Construction Evaluation Framework). Pääosin CCEF-arviointikehysten huomio on uudelleenkäytettävyydessä. Joustavuuden osalta arviointikehikon pääteemat ovat monikäyttöisyys, muunneltavuus ja laajennettavuus, joten yhteys standardin ISO 20887:2020 tunnistamiin joustavuusaiheisiin (ISO 20887:2020) on selkeä. Arviointikehikkoon liitetään vastaus prosentteina. Kuten monen edellä esitellyn menetelmänkin kohdalla (ks. esim. Geraedts, 2016), jää kuitenkin epäselväksi, miten prosenttiosuudet lasketaan.

Kenttätutkimukset

Monissa uusissa menetelmissä on yhdistetty rakennusten käytön observointia tilalliseen analyysiin. Esimerkiksi Braide (2019) tarkasteli asukkaiden asuntojen ominaisuuksia suhteessa ajassa vaihtuviin asumisen tilanteisiin seuraamalla valittuja ruotsalaisia perheitä ja näiden asuntojen käyttöä usean vuoden ajan. Braide (2019, s. 140) korostaa, että esimerkiksi (ei-kantavien) seinien vaihtokelpoisuus, joka liittyy muun muassa rakennukseen valittuun liitostekniikkaan ja materiaaleihin, vaikuttavat siihen, kuinka paljon asukkailla on tilallisia vaihtoehtoja asumisensa suhteen.

Myös Femenias ja Geromel (2020) tarkastelivat Ruotsissa asuntojen ominaisuuksia ja muutospotentiaalia rakennusten todellisen käytön ja asukkaiden näkökulmasta. Tutkijoiden toteuttamassa kyselyssä (313 vastaajaa) tiedusteltiin, miten asukkaat olivat muuttaneet asuntojaan kerrostaloissa tai järjestelleet asuntojaan uudelleen. Tämän jälkeen kerrostaloista valitut esimerkiasunnot analysoitiin tilallisesti. Huomattava osa, 35 prosenttia, vastanneista kotitalouksista oli muuttanut asuntonsa alkuperäistä pohjaratkaisua. Jopa 18 prosenttia kotitalouksista oli muuttanut keittiön pohjaratkaisua: 21 prosenttia keittiön pohjaratkaisua muuttaneista oli muuntanut erillisen keittiön ja olohuoneen avoimeksi päätilaksi ja 20 prosenttia puolestaan muuntanut avoimen päätilan erilliseksi keittiöksi ja olohuoneeksi. Lisäksi jotkut olivat tehneet pienempiä muutoksia keittiön muotoon tai ulkoasuun. Jopa 11,5 prosenttia kotitalouksista oli luonut asuntoonsa lisähuoneita tai laajentanut olemassa olevia huoneita.

Femenias & Geromel (2020) myös analysoivat pohjapiirroksia sekä sellaisista asunnoista, joita asukkaat olivat arjessaan muokanneet, että sellaisista, joita ei ollut muutettu. Tulosten mukaan asunnon koolla on suuri vaikutus joustavuuteen. Lisäksi asunnon muodon niin sanottu pirstoutuminen (engl. *fragmentation*) vaikuttaa tutkimuksen mukaan asukkaiden mahdollisuuksiin määritellä asuintilaansa uudelleen ja muuttaa asuntojaan. Muodon pirstoutumisella tarkoitetaan sitä, että asunnossa on paljon kulmia ja asunto on niin ollen monimuotoinen. Sen vastakohtana voidaan pitää yksinkertaisen suorakulmion muotoista asuntoa, jossa on neljä kulmaa. (Femenias & Geromel, 2020.)

Tilan muunneltavuuden mahdollisuuksia asukkaiden näkökulmasta tarkasteli Kiinassa myös Wong (2010), joka tutki, minkä tyyppisiä muutoksia hongkongilaiset yleensä halusivat tehdä asunnoissaan. Asukkaiden yleisimmät tarpeet olivat 1) olohuoneen koon kasvattaminen, 2) lisähuoneen rakentaminen, 3) makuuhuoneen koon kasvattaminen ja 4) kahden huoneen yhdistäminen suuremmaksi huoneeksi (Wong, 2010, s. 17). Wongin mukaan rakennuksen kiinteän osan, mukaan lukien rakenteiden, sijainti vaikuttaa suuresti muunneltavan osan joustavuuteen, ja hän korostaa, että kantavien rakenteiden rakennesuunnittelussa olisikin otettava huomioon eri tilallisten vaihtoehtojen ja joustavuuden näkökulma. Lisäksi Wongin analyysissä kävi ilmi, että ikkuna-aukkojen sijainnilla oli suuri vaikutus joustavuuspotentiaaliin (Wong, 2010, s. 181). Saman havainnon tekivät myös Živković ja Jovanović (2012) tutkimuksessaan.

Edellä kuvatut kenttätutkimuksiin tai asukkaiden antamiin tietoihin perustuvat tutkimukset tuovat ansiokkaasti esiin todellista tarvetta joustavuudelle ja sitä, millaisia tilamuutoksia käyttäjät todella tekevät tai toivovat.

Standardit ja luokitukset

Monet kansainväliset standardit käsittelevät joustavuutta. ISO 20887:2020 *Sustainability in buildings and civil engineering works – Design for disassembly and adaptability – Principles, requirements and guidance* tarjoaa yleiskatsauksen uudelleenkäytettävyyden ja joustavuuden (DfD/A) periaatteisiin ja mahdollisiin strategioihin, joilla periaatteet voidaan integroida suunnitteluprosessiin. Standardi käsittelee kaikenlaisia rakennuksia ja niissä käytettäviä rakenneosia. Standardi kuitenkin korostaa, että kaikki DfD/A-periaatteet eivät sovellu yhtä hyvin kaikissa tilanteissa. Siksi tulisi käyttää harkintaa siinä, mitä periaatteita kussakin rakennushankkeessa käytetään.

ISO 20887:2020 esittää, että joustavuus jakautuu 1) joustavuuteen suhteessa tunnettuihin ja odotettuihin muutoksiin sekä 2) joustavuuteen tuntemattomia mahdollisia muutoksia varten. Tämä on jossain määrin haastava lähtökohta, sillä tulevaisuudessa tapahtuvat muutokset ovat aina jossain määrin tuntemattomia. Emme esimerkiksi voi ennustaa tietyn käyttäjän kalustustarpeita. Voimme kuitenkin jossain määrin vastata erilaisiin kalustamisen tapoihin ennakoimalla. Hyödyllisempi jaottelu on ISO 20887:2020:n kolme jo mainittua joustavuuden pääperiaatetta.⁶ ISO 20887:n mukaan monikäyttöisyyttä voidaan mitata laskemalla, kuinka suurta prosenttiosuutta tilasta voidaan käyttää useita kertoja päivittäin, viikoittain tai kuukausittain tekemättä muutoksia tilan pääasiallisiin ominaisuuksiin. Muunneltavuutta voidaan mitata laskemalla, kuinka suuri prosenttiosuus tilasta on suunniteltu muunneltavaksi useisiin käyttötarkoituksiin. Laajennettavuutta voidaan mitata laskemalla, kuinka paljon lisäkerroksia on mahdollista rakentaa ja kuinka paljon prosentuaalisesti niillä saadaan lisätilaa rakennukseen tekemättä mittavia perustusten ja rakennejärjestelmien muutoksia. (ISO 20887:2020.)

Myös standardi 16309:2014 *Sustainability of construction works – Assessment of social performance of buildings – Calculation methodology* käsittelee joustavuuden arviointia. Rakennetun ympäristön joustavuus nähdään standardissa yhtenä sosiaalisen kestävyuden ulottuvuutena. Standardin mukaan joustavuuden arvioinnissa voidaan käsitellä seuraavia osa-alueita: 1) rakennuksen kyky vastata käyttäjien yksilöllisiin tarpeisiin (engl. *individual user requirements*), 2) rakennuksen kyky mukautua käyttäjien tarpeiden muutoksiin (engl. *change of user requirements*), 3) rakennuksen kyky mukautua teknisiin muutoksiin (engl. *technical changes*) ja 4) rakennuksen kyky mukautua käyttötarkoituksen muutokseen (engl. *change of use*). Standardi korostaa seuraavien teemojen merkitystä joustavuuden edistämisessä ja siten myös arvioinnissa: sisäisten kantavien rakenteiden optimointi

⁶ Monikäyttöisyys (engl. versatility), muunneltavuus (engl. convertibility) ja laajennettavuus (engl. expandability), ks. myös luku 4.3.

(pilarit, kantavat sisäseinät), sisäisten rakennusosien purkamisen helppous, kantokyky, LVISA-järjestelmien osien saavutettavuus/irrotettavuus sekä tilan tarjoaminen LVISA-järjestelmien lisäputkille ja -kaapeleille, joita tarvitaan käytön muutoksen vuoksi, mahdollisten tulevien laitteiden (kuten hissien) lisäystä varten.

Rakennusten joustavuusominaisuudet ovat mukana myös monissa kestävän kehityksen arviointikriteereissä, kuten Rakennustiedon ympäristöluokitusjärjestelmässä (Rakennustieto, ei pvm.) ja EU-komission Level(s)-ympäristöraportointijärjestelmässä (JRC, 2020). Level(s) on Euroopan komission luoma kehys, jonka avulla voidaan määrittää rakennuksen kestävyys taso. Se vastaa tarpeeseen arvioida rakennushankkeiden kestävyyttä vertailtavalla tavalla. Ensimmäinen viitekehys on julkaistu vuonna 2017, ja sitä on päivitetty moneen otteeseen tämän jälkeen. Level(s)in indikaattori 2.3 sisältää laajan joukon joustavuusominaisuuksia. Indikaattorit jakautuvat erikseen toimistorakennusten ja asuinrakennusten kontekstissa esitettäviin arviointilistoihin. Arvioinnin keinoksi esitetään kullekin konseptille kohdennettua esitystä siitä, onko asia otettu huomioon (yes/no), ja lisäksi kuvausta siitä, miten aihe on sisällytetty rakennussuunnitteluun.

Kuten edellä esitetty kooste arvioinnista osoittaa, miten joustavuus on hyvin laaja kokonaisuus ja siihen sekä sen ala-aiheisiin on liitetty laajasti erilaista käsitteistöä. Kaiken kaikkiaan terminologia ei ole yksiselitteistä tai selkeää. Yhteneväinen ymmärrys joustavuudesta ja eri joustavuusominaisuuksista olisi kuitenkin etu ja käytännössä myös vaade. Kun käsitteet olisivat yhtenäisiä ja niitä käytettäisiin laajasti, se edesauttaisi eri toimijoiden yhteisymmärrystä ja siten todennäköisesti myötävaikuttaisi joustavuusominaisuuksien toteutumiseen.

4.3 Joustavaksi suunnittelun periaatteet

Seuraavassa esitellyt joustavaksi suunnittelun periaatteet vastaavat kansainvälistä standardia ISO 20887:2020 *Sustainability in buildings and civil engineering works – Design for disassembly and adaptability – Principles, requirements and guidance*. Pääperiaatteet ovat **monikäyttöisyys** (engl. *versatility*), **muunneltavuus** (engl. *convertibility*) ja **laajennettavuus** (tai supistettavuus) (engl. *expandability*). (ISO 20887:2020.)

Nämä joustavuuden pääperiaatteet voidaan asettaa akselille niin, että vasemmalla painottuvat **monikäyttöisyyden** ominaisuudet, joita loppukäyttäjä voi hyödyntää suoraan rakennuksen elinkaaren aikana, kun taas oikealla korostuvat **muunneltavuuden** ominaisuudet, joiden hyödyntäminen vaatii rakennuksen elinkaaren aikana runsaampia resursseja (mukaan lukien ajan, osaamisen ja kustannukset) ja paikoin laajempien yhteisöjen (kuten rakennuksen omistajan, asunto-osaakeyhtiön hallituksen tai isännöitsijän) hyväksyntää. Viimeiseksi oikealle sijoittuu rakennuksen **laajennettavuus**, koska sen toteuttaminen vaatii laajasti resursseja ja jossain määrin myös aluetasoon liittyvää ja yhteisöjä koskevaa päätöksentekoa, esimerkiksi rakennusluvan yhteydessä (kuva 9).

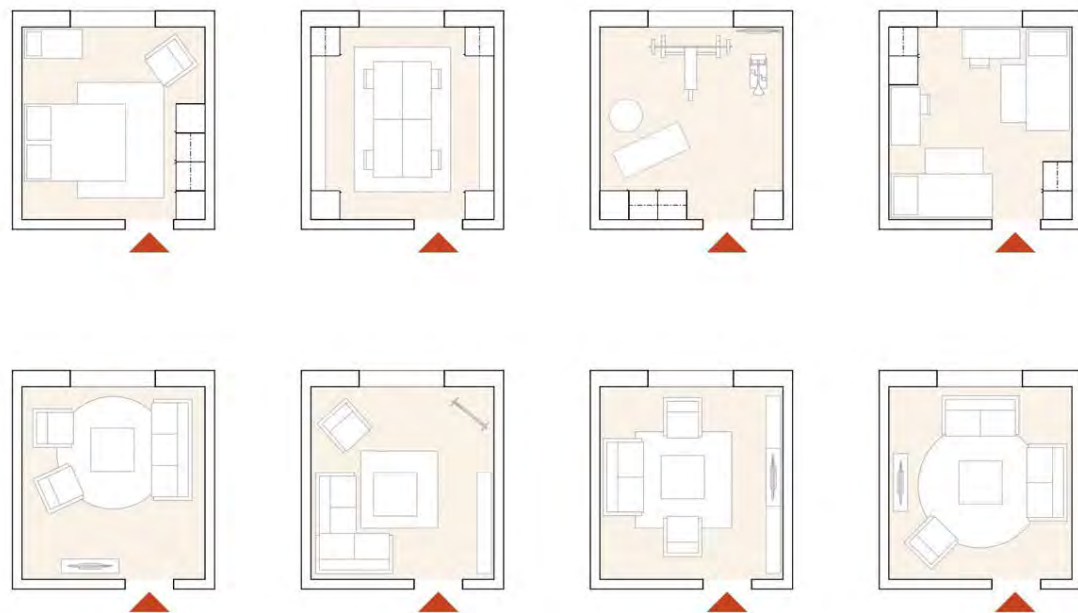


Kuva 9. Seitsemän osakokonaisuutta, joihin joustavuus on EKAT-hankkeessa jaettu. Vasemmalla painottuvat monikäyttöisyyden ominaisuudet, oikealla taas muunneltavuuden ominaisuudet. Viimeisenä oikealla mainitaan rakennuksen laajennettavuus. Kun edetään kohti oikeaa laitaa, yksittäisen käyttäjän toimivalta vähenee ja tilan käytön muutokseen vaadittavien resurssien laajuus kasvaa.

Tässä julkaisussa tarkastellaan ainoastaan asuinrakennuksen ja siihen liittyvien ratkaisujen joustavuuteen liittyviä osa-alueita. Pihatilat ja alueellinen mittakaava jäävät tarkastelun ulkopuolelle.

4.3.1 Monipuolinen käyttö ja kalustus

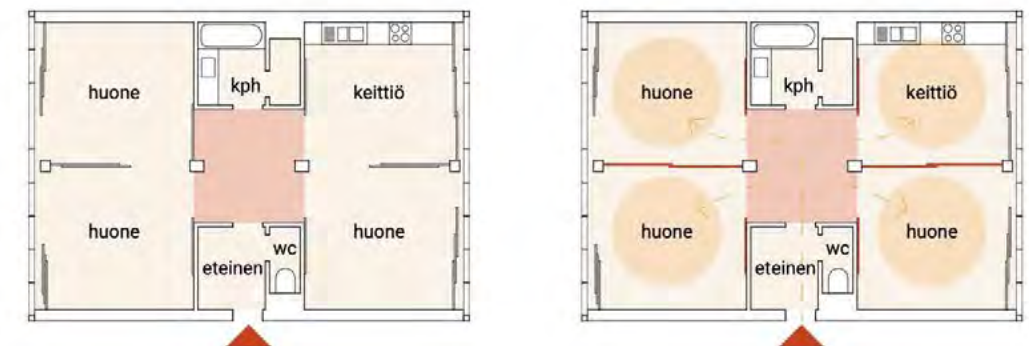
Monipuolisella käytettävyydellä ja kalustettavuudella tarkoitetaan sitä, että tila, huone tai huoneisto voidaan ottaa käyttöön useilla eri tavoilla asukkaiden elämäntilanteen, toimintakyvyn, tarpeiden ja mieltymysten mukaan (esim. Schneider & Till, 2007; Häkkinen & Ala-Kotila, 2019; Häkkinen & Tarpio, 2021; Saarimaa, 2023; Schmidt & Austin, 2016; Tarpio, 2015). Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että sama tila on kalustettavissa olohuoneeksi tai makuuhuoneeksi tai että huoneessa voidaan toteuttaa sama käyttötarkoitus, kuten oleskelu, useilla erilaisilla kalusteratkaisuilla (ks. kuva 10). Asuinkerrostalon kontekstissa asukas voi yleensä hyödyntää vapaasti tilan, huoneen tai huoneiston monipuolisen käytettävyyden ja kalustettavuuden mahdollisuuksia.



Kuva 10. Esimerkkejä monipuolisesti kalustettavasta ja eri käyttötarkoituksiin soveltuvasta huoneesta ja tilasta.

Aihealueen tutkimuskirjallisuudessa monipuolisesti käytettäviä ja kalustettavia ratkaisuja kuvataan usein niin kutsutuiksi neutraaleiksi huoneiksi tai tiloiksi (engl. *neutral space*, *purpose-neutral room*, *multi-functional room*) ja tällaisten tilojen toteuttamisen esitetään vaativan sekä ”väljää mitoitus” että sitä, ettei tila toimi läpikulkutilana (Tarpio, 2015; Schneider & Till, 2007). Tällaisen huoneen suosituskooksi Schneider ja Till (2007) esittävät noin 3,6 × 4,0 m (minimikokona esitetään 3,2 × 3,8 m). Monipuolisen käytön ja kalustuksen mahdollistaminen edellyttää myös sitä, että tilan suhteisiin ja mitoituseseen sekä tilojen välisiin yhteyksiin ja reitteihin kiinnitetään huomiota jo suunnittelun alkuvaiheessa.

Tilan tai huoneen ohella myös huoneiston on mahdollista olla monipuolisesti käytettävissä ja kalustettavissa. Eräs keino tukea tätä on jakaa huoneisto keskeisesti sijoitettavaan liikennetilaa (tätä kutsutaan myös halliksi, esim. Tarpio, 2015) sekä joukkoon monipuolisesti käytettäviä ja kalustettavia huoneita, joihin käynti tapahtuu suoraan liikennetilasta (ks. kuvat 11 ja 12 vasen puoli). Tällöin huoneet eivät ole pakosti läpikuljettavia, eli kukin huone on käytettävissä itsenäisenä yksikkönään eli riippumattomasti toisistaan. (Leupen, 2006; Tarpio, 2015.) Käytännön toteutuksissa on kuitenkin usein yhdistetty – ja on syytä yhdistää – tällaiseen monipuolisesti käytettävään huoneistoon myös muunneltavuuden mahdollisuuksia (ks. kuva 11), sillä erityisesti asumisen kontekstissa useiden kooltaan verrattain suurten huonetilojen toteuttaminen huoneistoon ei useinkaan ole taloudellisesti realistista eikä tilankäytön näkökulmasta tarkoituksenmukaisinta.



Kuva 11. Monikäyttöisesti käytettävissä oleva huoneisto. Huoneistossa on keskeisesti sijoitettava liikennetila, ja käynti siitä useampaan huoneeseen. Huoneet ovat muunneltavuuden ansiosta lisäksi yhdistettävissä ja erotettavissa toisistaan. Kerrostalohuoneisto Grieshofgasse Itävallassa vuodelta 1996. Kuva on piirretty uudelleen Schneiderin & Tillin (2007) pohjalta.

Edellisten lisäksi huoneiston monireittisyyden on esitetty tukevan monipuolisia käytön ja kalustuksen mahdollisuuksia (Leupen, 2006; Tarpio, 2025). Tämä joustavuuden muoto perustuu siihen, että huoneiden välille muodostuu useita reittejä, joita voi ottaa käyttöön tai sulkea käyttötarkoituksen ja tarpeen mukaan. Huoneet ovat siis tässä mallissa useinkin läpikulkuhuoneita, mutta koska vaihtoehtoisia reittejä on tarjolla useita, läpikulkua ei aina tarvitse toteuttaa. Lisäksi ovien avulla huoneista voidaan muodostaa vaihtelevasti toisiinsa liittyviä huoneryhmiä (ks. kuva 12).

Monipuolisen käytettävyyden ja kalustettavuuden näkökulma ei rajoitu vain varsinaisiin asuinhuonetiloihin, vaan se ulottuu myös usein aliarvostettuihin alueisiin, kuten käytäviin ja aulatiloihin. Esimerkiksi sopivasti mitoitettu käytävä tai aula voi toimia paitsi kulkureittinä, myös monikäyttöisenä mahdollisuutena huoneistossa: se voi tarjota mahdollisuuksia esimerkiksi säilytykseen, työntekoon tai lasten leikkiin (ks. Schneider & Till, 2007).



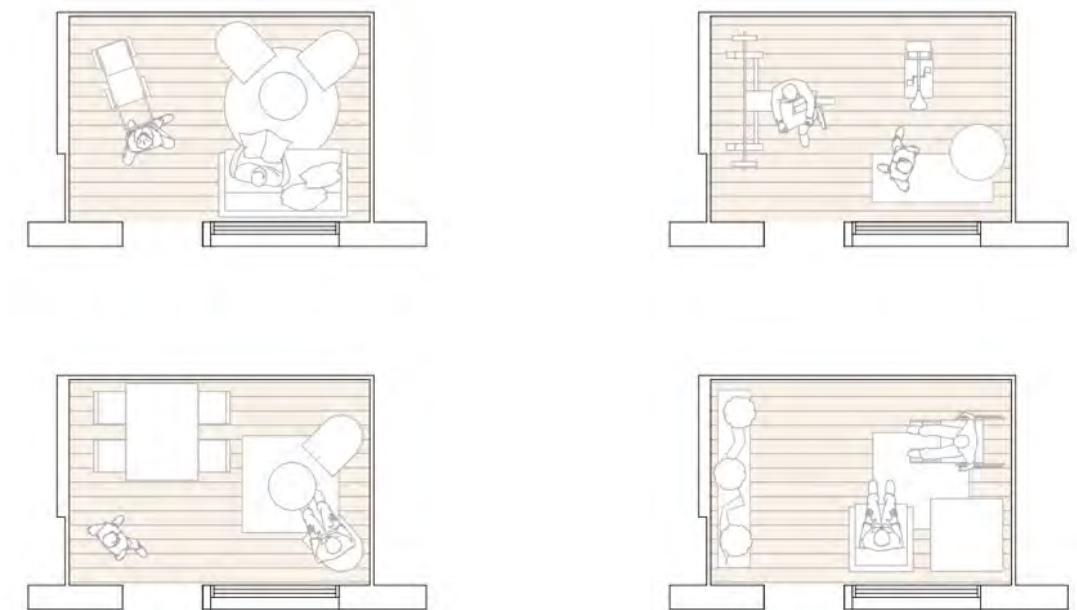
Kuva 12. Molemmissa huoneistoissa monikäyttöisyyttä tukevat useat mahdolliset kulkuyhteydet huoneiden ja tilojen välillä. Vasemmalla monipuolisesti kalustettavissa ja käytettävissä oleva huoneisto, jossa on keskeisesti sijoitettava liikennetila, ja käynti siitä useampaan huoneeseen. Kyseessä on kerrostalohuoneisto Örebrossa Ruotsissa vuodelta 1926. Oikealla monipuolisesti kalustettavissa ja käytettävissä oleva huoneisto Helsingissä vuodelta 1936. Kuvat on piirretty uudelleen Tarpion (2015) pohjalta.

Aihealueen tutkimuskirjallisuudessa harvemmin tuodaan esiin pintamateriaalien ja niiden taustalla olevien rakenteiden roolia tilojen monipuolisen käytettävyyden ja kalustettavuuden kannalta. Jotta tila olisi aidosti käytettävissä ja kalustettavissa useilla eri tavoilla, on olennaista, että lattiamateriaali jatkuu katkeamattomana koko huoneen läpi ja että seinämateriaali jatkuu yhtenäisenä koko pinnan alalta, riippumatta esimerkiksi siitä, mihin kohtaan huonetta kalusteet sijoitetaan. Näin vältetään tilojen ennalta määräytyminen tietyn kookkaan kalusteen, kuten kaapiston, kannalta (ks. kuva 10).

4.3.2 Käytön laajentaminen ulkotilaan

Vaikka ulkotilat sivuutetaan usein joustavuuden lisääjinä, ulkotila voi toimia käyttökelpoisena ja käytöltään vaihtuvana lisätilana – ja vuodenaikojen mukaan säädettävänä puskurivyöhykkeenä sisä- ja ulkotilan välillä. Parvekkeet ja muut yksityiset ulkotilat tarjoavat siis mahdollisuuden huoneiston monipuolisen käytön kannalta (Peters & Masoudinejad, 2022), ja niiden on osoitettu myös olevan käyttäjien arvostamia ja tukevan käyttäjien kokemaa hyvinvointia (esim. Saarimaa ym., 2024; Lehtinen ym., 2022). Asuin-kerrostalon kontekstissa asukas voi yleensä hyödyntää vapaasti ulkotilan monipuolisen käytettävyyden mahdollisuuksia, mutta toisaalta ulkotilaan laajentumisen mahdollisuudet ovat käytettävissä luonnon syklien mukaan. Tästä syystä laajentuminen ulkotilaan ei välttämättä yksin riitä takaamaan esimerkiksi huoneiston monikäyttöisyyttä.

On huomattava, että vain kooltaan riittävä ja mittasuhteiltaan oikeanlainen ulkotila mahdollistaa useita toimintoja, kuten levon, ruokailun, työskentelyn tai oleskelun (ks. kuva 13). Ulkotilan käytettävyys erilaisissa käyttötilanteissa paranee, jos siihen pääsee yksityisessä käytössä olevien huoneiden (kuten asuinhuoneiston kohdalla makuuhuoneiden) käytöstä riippumattomasti eli yhteiskäyttöisestä tilasta (kuten asuinhuoneiston kohdalla olohuoneesta tai ruokailutilasta). Ulkotilan sijoittelu suhteessa sisätiloihin on erityisen ratkaisevaa silloin, kun huoneistoon sisältyy myös muita joustavuusominaisuuksia, esimerkiksi huoneiston monikäyttöisyyttä tai huoneiden määrän muunneltavuutta. Tällöin ulkotilan sisäänkäynti on luontevaa sijoittaa tilaan, joka säilyy aina yhteiskäyttöisenä riippumatta huoneiden jaosta, kalustuksesta tai muista tilaratkaisuista (ks. kuva 14). Aiemmissa joustavuusominaisuuksia käsittävissä kohteissa on käytetty hyödyksi myös useampia kulkureittejä sisä- ja ulkotilan välillä, jolloin ulkotila vahvistaa asunnon monireittisyyttä (ks. kuva 15) – ominaisuutta, jota pidetään eräänä keinona lisätä monikäyttöisyyttä (esim. Tarpio, 2015).

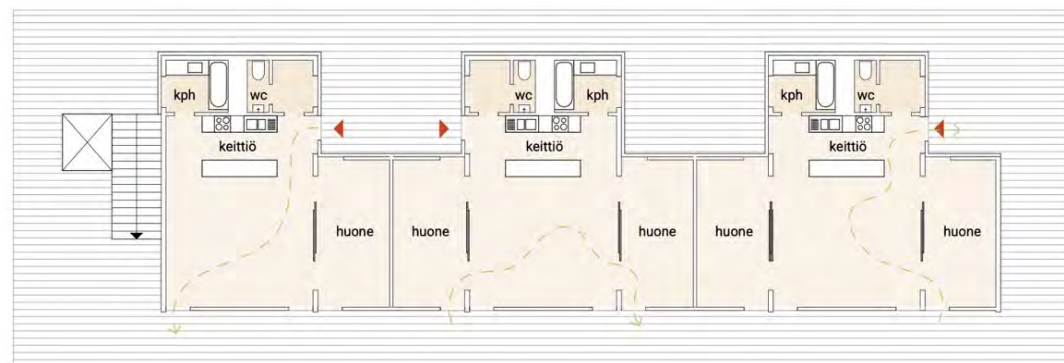


Kuva 13. Ulkotilan riittävä koko ja mittasuhteet mahdollistavat eri käyttöjä.

Ulkotilan koon, mittasuhteiden ja sijainnin ohella ulkotilan rajapinnat, kuten säältä suojaava katto tai katos, liikuteltavat lasitukset tai säädettävät sälekaihtimet, antavat asukkaille mahdollisuuden avata tai sulkea tilaa käyttötarpeiden mukaan ja mahdollistavat ulkotilan käytön myös vaihtelevissa sääolosuhteissa (Peters & Masoudinejad, 2022).



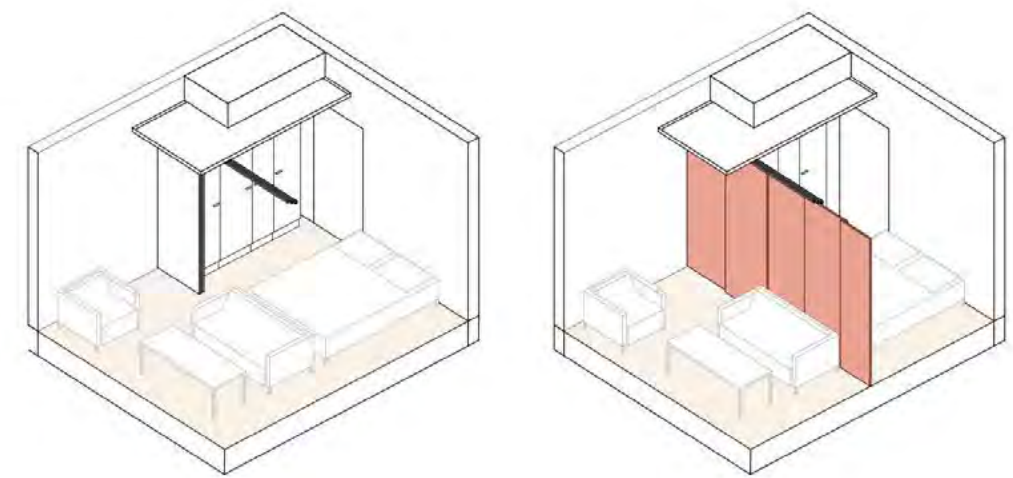
Kuva 14. Ulkotilan sijainti suhteessa muuhun huoneiston tilajärjestykseen on oleellista tilanteessa, jossa sisätilan huonejärjestys on suunniteltu muunneltavaksi, joten tilajärjestys voi muuttua rakennuksen elinkaaren aikana. Käynti ulkotilaan on tällöin luontevaa sijoittaa alueelle, joka säilyy pysyvästi yhteiskäytössä tilajärjestyksestä riippumatta. Kuvassa punainen alue kuvaa yhteiskäyttöistä tilaa ja beige alue makuuhuoneita.



Kuva 15. Esimerkki kuvaa sitä, miten useampi ulkotila voi palvella asuntoa eri tavoin: sisäänkäynnin puolelle jää kuistimainen ulkotila esimerkiksi kuluvälineille, kun taas huoneisiin liittyy laaja koko huoneiston levyinen ulkotila. Useat reitit ulkotilaan lisäävät huoneiston monireittisyyttä. Kuvassa esitetään kolme huoneistoa kerrostalosta Itävallassa vuodelta 1999. Kuva on piirretty uudelleen Schneiderin & Tillin (2007) pohjalta.

4.3.3 Muokattavat osat

Liukuvat, taittavat, laskettavat ja muut helposti liikuteltavat kevyet seinät tai tila-osat tarjoavat mahdollisuuden tilamuutoksiin ilman raskaita rakenne- tai taloteknisiä toimenpiteitä. Näiden ratkaisujen avulla tila voi vaihtaa luonnettaan tarvittaessa nopeasti ja toistuvasti, mikä voi palvella arjen vaihtelevia tarpeita (Häkkinen & Ala-Kotila, 2019; Häkkinen & Tarpio, 2021; Tarpio, 2015; Schneider & Till, 2007). Muokattavat osat voivat olla rakenteisiin integroituja, ja niitä on tarjolla myös kalustetasolla: pienissä tiloissa niiden merkitys voi olla erityisen suuri (ks. kuva 16). Esimerkiksi taittavat sängyt, liukuvilla tai liukuseinäjärjestelmillä jaettavat tilat sekä seinästä esiin vedettävät tasot voivat osaltaan mahdollistaa tilojen käyttöä eri tarkoituksiin ketterästi esimerkiksi eri vuorokaudenaikoina (ks. kuvat 16 ja 17).



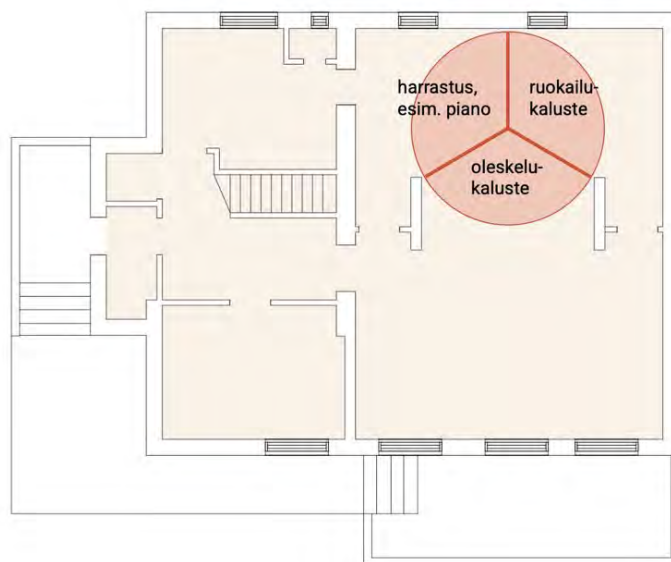
Kuva 16. Pienikokoisessa huoneistossa voi olla hyödyllistä, jos tilaratkaisut mahdollistavat tilanteesta riippuen joko yksityisen tilan muusta tilasta rajaamisen (esimerkiksi työskentelylle, levolle) tai koko huoneiston avaamisen yhtenäiseksi alueeksi.



Kuva 17. Muokattaviin osiin perustuvat ratkaisut eivät vaadi rakennustöitä rakennuksen elinkaaren aikana, ja niiden avulla voidaan mukauttaa tilaa erilaisiin tarpeisiin nopealla rytmillä, esimerkiksi vuorokaudenkierron mukaan. Yksi tunnetuimmista esimerkeistä Schröder-talo Alankomaissa vuodelta 1929, jossa koko kerroksen tilat voidaan liukuvien väliseinöiden avulla joko avata yhdeksi yhtenäiseksi tilaksi tai jakaa erillisiksi huoneiksi. Kuva on piirretty uudelleen Schneiderin & Tillin (2007) pohjalta.

Rakennukseen jo suunnittelun ja rakentamisen aikana tuotetut muokattavat osat voivat elinkaaren aikana tarjota loppukäyttäjälle paljon joustoa ja vapautta, mutta vain jos ne ovat aidosti helppokäyttöisiä ja saavutettavia, jolloin ne palvelevat erilaisia käyttäjiä eri tilanteissa. Jos järjestelmät ovat raskaita tai monimutkaisia tai vaativat erityistä osaamista, ne jäävät helposti käyttämättä tai tarjoavat ratkaisuja vain osalle.

On myös huomioitava, että vaikka muokattavat osat antavat käyttäjälle valinnanvaraa, niiden logiikka ja rajat määräytyvät suunnittelijan asettamien ehtojen mukaan. Käyttäjä siis operoi olemassa olevaa järjestelmää ennalta määritellyssä kehyksessä. Muokattavien osien käyttö voikin olla myös kuormittava kokemus käyttäjälle. Siksi suunnittelussa on tärkeää arvioida, milloin muokattavien osien mahdollisuudet tukevat aidosti elämää ja milloin taas ne alkavat häiritä. Huonoimmillaan muokattavat osat jäävät suunnittelijan kontrollin ilmentymiksi, jotka ovat tilassa alati läsnä mutta jäävät vähälle käytölle tai jopa hankaloittavat tilan käyttöä (ks. kuva 18). Muokattavissa osissa huomioitavaa on nimittäin myös se, että vaikka ne voidaan paikoin siirtää, taittaa tai koota syrjään, ne eivät useinkaan katoa täysin näkyvistä. Jäljelle jäävät elementit, kuten kiskot (ks. kuva 16) tai seinään käännetyt tai upotetut osat, vaikuttavat tilan estetiikkaan.



Kuva 18. Muokattavien osien osalta historiasta löytyy mielenkiintoisia sovelluksia. Esimerkissä olohuoneeseen on liitetty muokattava kaluste, joka toimii ikään kuin pyörivänä näyttämönä. Tavoitteena oli mahdollistaa huoneen toiminnon vaihtaminen eri vuorokaudenaikoina pyöräyttämällä esille esimerkiksi ruokapöytä tai istuinalue. Ratkaisu herättää kysymyksiä sen todellisesta käytettävyydestä ja käyttäjien valmiudesta omaksua arjessa jatkuvaa tilan muokkaamista. Kyseessä on pientalosuunnitelma Saksasta vuodelta 1923. Kuva on piirretty uudelleen Schneiderin ja Tillin (2007) pohjalta.

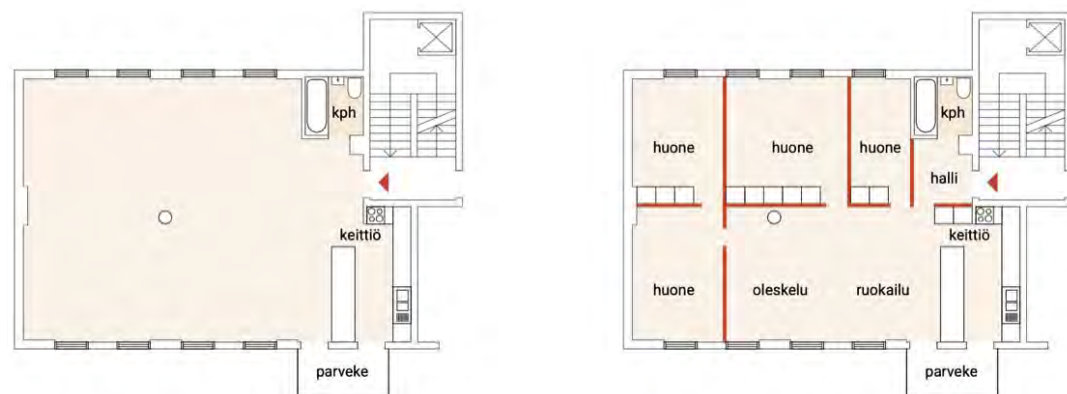
Muokattavat osat voivat tarjota tilatehokkaan keinon vastata esimerkiksi asukkaiden määrän muutokseen tietyllä aikasyklillä (esim. lasten vuoroasuminen) tai etätyön tai -opiskelun vaihtuviin tarpeisiin: niiden avulla voidaan asuntokohteessa esimerkiksi avata alkovi osaksi pääasiallista oleskelutilaa tai eriyttää se säilytystä, makuupaikkaa tai työskentelyä varten. Samoin ruoanlaiton ja ruokailun tila voidaan suunnitella avautumaan osaksi oleskelutilaa tai sulkeutumaan erilliseksi tilaksi tarpeiden mukaan. Muokattavien osien mekaaniset osat, kuten kiskot ja saranat, kuitenkin kuluvat nopeammin kuin kiinteästi yhteen paikkaan sijoittuvat osat. Siksi niiden suunnittelussa on huomioitava säilyvyyteen liittyen niin huollettavuus, vaihdettavuus kuin varaosienkin saatavuus, ja myös niiden materiaalien valinta vaikuttaa ratkaisevasti pitkäaikaiskestävyyteen (ks. luku 3).

Edellä mainittuja joustavuusominaisuuksia voidaan esittää suunnitelma-asiakirjoissa **käyttövaihtoehtojen** avulla, joilla havainnollistetaan kalustuksen, käytön tai toiminnan erilaisia mahdollisuuksia huoneistossa, huoneessa tai tilassa, johon ei tehdä remonteja. Käyttövaihtoehtot on teknisesti ennakoitava esimerkiksi rakenteiden ja pintamateriaalien sopivilla ratkaisuilla. Edellä esiteltujen joustavuusominaisuuksien hyödyntäminen ei vaadi asukkaalta resursseja eikä useinkaan laajemman yhteisön lupaa. Seuraavaksi siirrytään aiheisiin, joissa muutokseen tarvittavien resurssien laajuus kasvaa ja samalla yksittäisen käyttäjän toimivalta vähenee aste asteelta.

4.3.4 Muunneltavuus kuivissa tiloissa (ilman muutoksia vesi- ja viemäri-järjestelmiin)

Joustavuuden tutkimuskirjallisuudessa on laajasti esitelty ja käsitelty erilaisia tilamuutoksia, jotka vaativat tiettyjä rakenne- ja/tai taloteknisiä töitä, mutta eivät vaadi märkätilojen tai keittiön sijainnin muuttamista (ks. esim. Schneider & Till, 2007; Schmidt & Austin, 2016; Tarpio, 2015). Tällaisia muutoksia voidaan ennakoida toteutettavaksi hyvin paikallisesti ja rajatusti, esimerkiksi varaamalla mahdollisuus suuren makuuhuoneen jakamiseen kahdeksi pienemmäksi tai keittiön ja oleskelutilan yhdistämiseen tai erottamiseen. Toisaalta myös koko huoneiston mittakaavassa voidaan mahdollistaa vapaampi tilojen jakaminen huoneiksi eri tavoin (ks. kuva 19).

Aiheeseen liittyy suuri määrä toteutettuja koekohteita Euroopassa (Flexibo, Tanska 1976, Purkersdorf, Itävalta 1976, Dynamic House, Ruotsi 1990, Davidsboden, Sveitsi 1991, ks. esim. Schneider & Till, 2007). Monissa niistä on käytetty kuivien tilojen jakamisessa modulimittaisia seinäelementtejä. Usein kuivien tilojen muutoksiin yhdistetään myös ajattelu kiinteään tukiosaan kuuluvien märkätilojen vyöhykkeestä, joka ei tilallisesti muutu rakennuksen elinkaaren aikana. Joustavuutta käsittelevässä kirjallisuudessa esiintyy useita kohteita, jossa palvelevat tilat – kuten kylpyhuone, WC ja keittiö – on koottu tietylle puolelle tai tiettyyn osaan huoneistoa (ks. kuva 19). (Schneider & Till, 2007.) Kiinteään tukiosaan sisältyvien palvelevien tilojen sijainnille ei sinänsä ole pakollisia vaatimuksia joustavuuden mahdollistamisen kannalta, mutta usein niiden kokoaminen yhteen alueeseen tuo muun tilan joustavuuden kannalta etuja.



Kuva 19. Joustavuutta voidaan edistää siten, että varaudutaan muutoksiin, jotka vaativat jossain määrin myös rakennustöitä rakennuksen elinkaaren aikana, mutta joita voidaan toteuttaa ilman muutoksia vesi- ja viemärijärjestelmiin. Esimerkkinä kuvassa Järnbrotin asuinkerrostalo Ruotsissa vuodelta 1953. Keittiön ja kylpyhuoneiden vesi- ja viemärijärjestelmät sijoittuvat porrashuoneen puolelle, jolloin muu asuintila jää vapaasti jaettavaksi huoneisiin. Kuva on piirretty uudelleen Schneiderin & Tillin (2007) pohjalta.

Suomalaisissa asunto-osakeyhtiöissä osakkeenomistajalla on oikeus omalla kustannuksellaan toteuttaa huoneistossaan muutostöitä ja päättää sen laatutasosta. Muutokset ovat kuitenkin sallittuja vain, jos niistä ei aiheudu vahinkoa yhtiölle eikä haittaa muille osakkaille, ja osakkeenomistajan on huolehdittava siitä, että muutostyö suoritetaan hyvän rakennustavan mukaisesti (AOYL 1599/2009, luku 5, 1 §). Tyypillisesti sallittuja muutostöitä ovat esimerkiksi pintamateriaalien vaihtaminen ja myös ei-kantavien väliseinien purkaminen tai siirtäminen tai uusien ei-kantavien väliseinien väliseinien rakentaminen. Näin ollen loppukäyttäjät pystyvät usein toteuttamaan ainakin jossain määrin kuivien tilojen muutoksia, vaikkakin muutoksista on asunto-osakeyhtiölain mukaan ilmoitettava taloyhtiölle kirjallisesti ennen töiden aloittamista. Osakkaan kunnossapitovastuulla ovat lähinnä huoneiston pinnoitteet ja kalusteet, joten käytännössä ei-kantavien seinien muutoksiin liittyy aina ilmoitusvelvollisuus yhtiölle. Ilmoitus tehdään yleensä isännöitsijälle tai asunto-osakeyhtiön hallitukselle (AOYL 1599/2009, luvut 2 ja 4).

Muunneltavuus edellyttää niinkutsutun kiinteän tukiosan ja muuntuvan tilaosan välistä jonkin asteista riippumattomuutta (ks. luku 1.2). Kiinteään tukiosaan kuuluvat kantavat rakenteet on muunneltavissa kohteissa suunniteltava siten, että rakenteet sallivat erilaiset, tavoitellut muuntuvan tilaosan vaihtoehdot. Joustavuutta voidaan toteuttaa monenlaisilla erilaisilla runkorakenteilla ja -järjestelmillä. Toisaalta, pilari-laatta -rakenteen on esitetty antavan suurimmat mahdollisuudet toteuttaa myös ennakoimattomia muunnoksia rakennuksen elinkaaren aikana. Lisäksi kantavien rakenteiden suurten jänneväliden on esitetty parantavan tilan muunneltavuutta. (Schneider & Till, 2007, s. 163; Leupen, 2006; Schmidt & Austin, 2016; JRC, 2020.)

Tilan muunneltavuuden mahdollisuuksiin voidaan lisäksi vaikuttaa tilamitoituksella sekä tarkastelemalla jo suunnitteluvaiheessa tyypillisimpiä väliseinien sijainteja. Toisin sanoen, eri tavoitteisiin vastaavien **muuntovaihtoehtojen** työstäminen iteratiivisesti suunnittelussa on keino määrittää kiinteä tukiosa tavalla, joka mahdollistaa vapautta muuntuvan tilaosan määrittelyssä. Rakenteiden ohella esimerkiksi se, miten sisäänkäynti ja ikkuna-aukot sijoitetaan suhteessa muuntuvaan tilaosaan ja rakennuksen kiinteään tukiosaan, vaikuttaa muunneltavuuden mahdollisuuksiin. (ks. kuvat 14 ja 19). Strategisesti sijoitetut ikkunat voivat ratkaisevasti parantaa muunneltavuutta (Saarimaa, 2023).

Tilamuutokset, jotka muuttavat huoneiden lukumäärää, edellyttävät, että talotekniset ratkaisut palvelevat muutosta. Muutoksiin voidaan varautua esimerkiksi suunnittelemalla talotekniset asennukset suurimman mahdollisen huoneluvun mukaan, jolloin huonejaon muuttuessa ei ole tarvetta muuttaa asennuksia. Lisäksi on tärkeää välttää talotekniikan sijoittamista sellaisiin väliseiniin, joihin liittyvä muutos on mahdollinen rakennuksen elinkaaren aikana. (Kortetmäki ym. 2023.)

Pintamateriaalivalinnoilla on merkittävä vaikutus ei-kantavien väliseinien purkamisen ja rakentamisen helppouteen. Jos lattia on toteutettu niin, että sen pintamateriaali katkeaa seinän kohdalla, kevyen ei-kantavan seinän poistaminen jättää lattian pintamateriaaliin näkyviä ja kestävyysnäkökulmasta turhia resursseja vaativia jälkiä. Tällöin seinän siirtäminen toiseen sijaintiin vaatii paitsi seinärakenteen purkamista myös lattian uusimista. Jos taas pintamateriaali asennetaan yhtenäisenä koko huonetilaan ennen väliseinien asentamista, ei-kantavien väliseinien siirto on huomattavasti helpompaa. Muunneltavan kohteen lattiamateriaali on syytä valita resurssitehokkuuden nimissä siten, että ei-kantavien väliseinien muutoksia voidaan tehdä huomaamattomasti esimerkiksi kevyillä lattian pintakorjauksilla. Sama on totta myös sisäkattomateriaalissa. Tyypillisesti asuinkohteissa käytetty roiskerapattu sisäkatto on muunneltavissa kohteissa ongelmallinen, koska sen karkea ja epäsäännöllinen pinta on vaikea korjata niin, että uusi ja vanha pinta sulautuvat huomaamattomasti yhteen. Paikkauskohta jää helposti näkyviin valaistuksesta riippuen. Lisäksi roiskerappaus on kiinnittynyt tiukasti alustaan, joten sen poistaminen on työlästä ja pölyävää, ja muutos voi vaatia koko katon pinnan uusimista. Tästä syystä sisäkatoissa on hyödyllistä suosia sisäkattopintoja, joita voidaan ei-kantavien seinien muutoksissa ennallistaa paikallisesti, esimerkiksi kitata ja hioa tasaisiksi, minkä jälkeen pinta voidaan maalata.

Asennettaessa kevyitä väliseiniä lattian pintamateriaalin päälle on kiinnitettävä erityistä huomiota kiinnitysdetaljiikkaan. Esimerkiksi toimistorakentamisen tarpeisiin on olemassa helposti purettavia ja siirrettäviä väliseinäratkaisuita, joissa kiinnitys perustuu lattia- ja kattopintojen väliin jännitettäviin teleskooppisiin väliseinärankoihin (esim. Muotolevy). Erityisesti kelluvana asennetun lattian päälle asennetun väliseinän kiinnityksen tulee mahdollistaa lattian pintamateriaalin eläminen seinän alla. Näissä tapauksissa kiinnitys on mahdollista tehdä esimerkiksi asentamalla lattiarakenteeseen tyypillisimpiin väliseinien sijainteihin sisäkierrehylsyt seinärakenteen kiinnitystä varten. Ne mahdollistavat seinä-

rakenteen kiinnittämisen lattian pintamateriaaliin tehtävien, elämisvarat sisältävien reikien kautta kierretangon avulla. Kun seinä siirretään uuteen sijaintiin, tehdyt reiät voidaan paikata lattiamateriaalista etukäteen valmistetuilla paloilla. Vastaavasti seinien yläliittymien helpompaan purkamiseen voidaan varautua katon asennustilaan asennettavin tukirakentein, jotka mahdollistavat seinärakenteen kiinnittämisen, mutta joiden ansiosta myös sähköasennuksia ja muita taloteknisiä asennuksia voidaan siirtää lävistämättä väliseiniä. Kevyiden väliseinien helppo purkaminen tukee myös purettavaksi suunnittelun periaatteita muun muassa saavutettavuuden näkökulmasta. Kiinnitykseen liittyviä periaatteita esitetään myös luvussa 5.2.2. ja ratkaisuja luvussa 7.

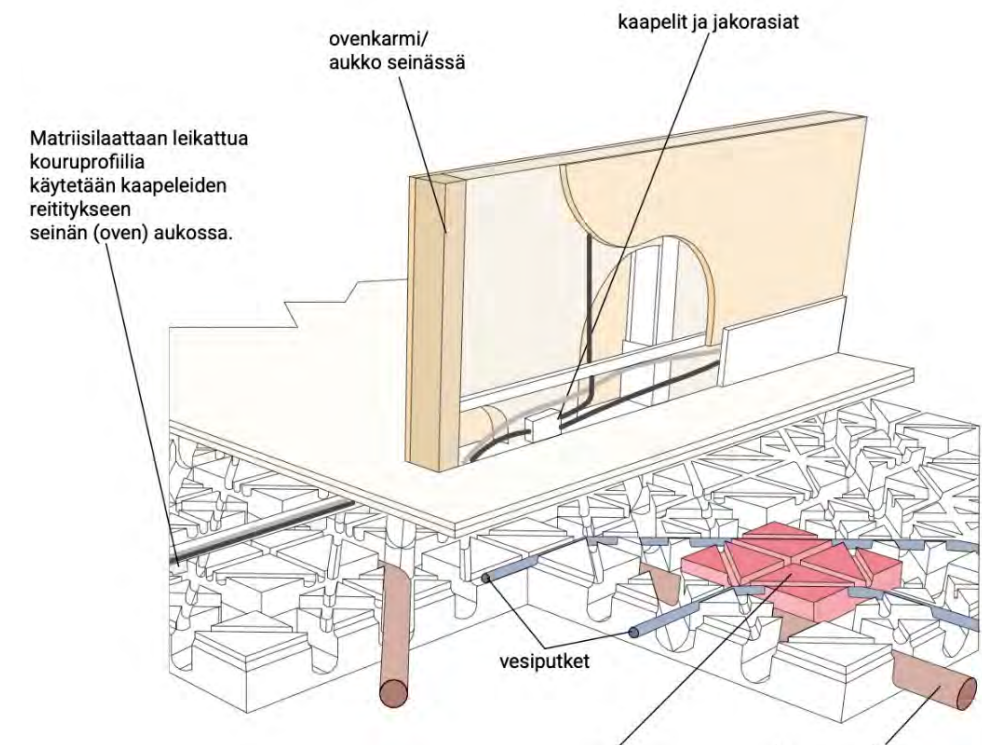
4.3.5 Muunneltavuus muutoksilla vesi- ja viemärijärjestelmiin

Jos tavoitteena on huoneiston muunneltavuus niin, että sekä kuivien tilojen että vesi- ja viemärijärjestelmiä sisältävien tilojen sijaintia voidaan muuttaa rakennuksen elinkaaren aikana, tämä edellyttää edellisessä luvussa 4.3.4 kuvattujen toimien ohella erityisiä rakenne- ja taloteknisiä tuotteita ja ratkaisuja (ks. esim. Schneider & Till, 2007; Schmidt & Austin, 2016). Tällaiset tilamuutokset eivät ole tavanomaisesti loppukäyttäjän toteutettavissa, vaan ne edellyttävät aina laajemman yhteisön, kuten rakennuksen omistajan, asunto-osakeyhtiön tai viranomaisten, lupaa. Lisäksi ne sitovat monesti huomattavasti aikaa ja rahaa sekä erikoisosaamista, mikä tekee niistä harvinaisia ilman ennakoivaa suunnittelua. Mikäli vesi- ja viemärijärjestelmiä sisältävät tilat nähdään osana muuntuvaa tilaosaa, on talotekniikkaa vietävä selkeästi erotettuihin ja helposti avattaviin kerroksiin: toimiva rakenneratkaisu on tällöin esimerkiksi asennuslattia, jossa kantavan laatan päälle rakennetaan erillinen kansiosa. Tällöin putkistojen ja johtojen reititys voidaan järjestää siten, että niiden myöhempi muokkaaminen on mahdollista ilman raskaita purkutöitä.



Kuva 20. Kun sekä kuivien tilojen että märkätilojen sijaintia halutaan muuttaa rakennuksen elinkaaren aikana, pystynousujen sijainti nousee merkittävään asemaan. Esimerkissä asuin-kerrostalohuoneisto Letohradská Prahassa vuodelta 1937. Kuva on piirretty uudelleen Schneiderin ja Tillin (2007) pohjalta.

Kansainvälisessä joustavuuden tutkimuskirjallisuudessa käsitellään muunneltavuutta mahdollistavia sisäjärjestelmiä, kuten usein Matura Infill System -ratkaisua (ks. kuva 21), joka kehitettiin Alankomaissa 1990-luvulla Delftin yliopiston tutkimustyön pohjalta ja suunniteltiin myös asuntorakentamisen tarpeisiin Euroopan markkinoille (Kendall & Teicher, 2000; Kendall, 2011). Järjestelmä perustui ajatukseen kahdesta erillisestä tasosta: alempi, tekninen kerros sisälsi putkistot, kanavat ja muut talotekniset järjestelmät, kun taas ylempi, toiminnallinen kerros koostui pinnoista, kalusteista, kevyistä väliseinistä ja valaistuksesta. Tämä jako loi edellytykset sille, että myös märkätilojen kaltaiset teknisesti haastavat tilat voitiin siirtää huoneiston sisällä tietyissä rajoissa. Vastaava joustavuuden tutkimuskirjallisuudessa usein mainittu ratkaisu on Japanissa kehitetty ja käytetty Next Infill -järjestelmä. (Kendall, 2011.)



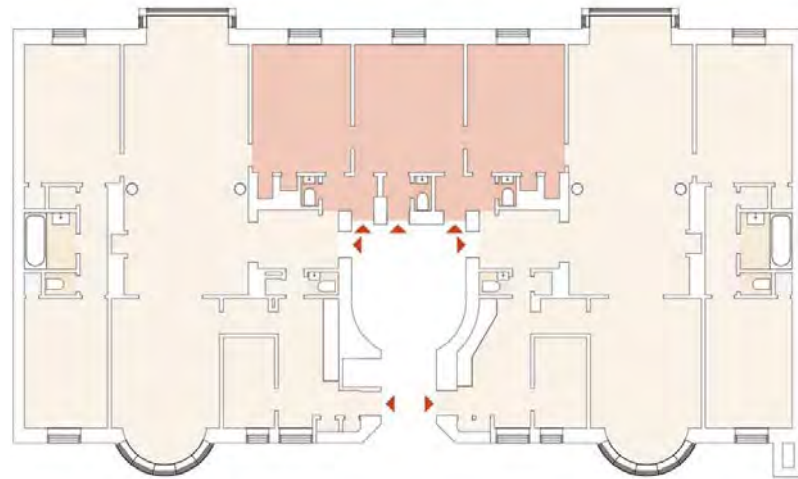
Kuva 21. Matura 2 sisäjärjestelmäratkaisu vaakasuuntaiselle putkireititykselle. Kuva on piirretty uudelleen Kendallin (2010) pohjalta.

Tällaisiin vesi- ja viemärijärjestelmiä sisältävien tilojen muutoksia mahdollistaviin ratkaisuihin liittyy myös riskejä. Ensinnäkin asennuslattiat lisäävät rakenteiden monimutkaisuutta, ja vesijohtojen ja viemäroinnin kuljettaminen helposti avattavan kerroksen alla kasvattaa vuotoriskiä. Pahimmassa tapauksessa mahdolliset vuodot voivat jäädä piiloon, levitä laajalle ja aiheuttaa kosteusvaurioita ennen kuin ne havaitaan. Lisäksi järjestelmät tuovat mukanaan korkeampia alkuihmetointikustannuksia, joten ne eivät ole useinkaan kustannusnäkökulmasta mahdollisia suomalaisissa asuin-kerrostalokohteissa. Ne voivat olla myös kunnossapidon kannalta kalliimpia kuin perinteiset ratkaisut. Toisaalta asennuslattijärjestelmien esimerkiksi osittaisessa käytössä on mahdollisuuksia, jotka voivat olla erityisen hyödyllisiä laajoissa rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksissa, esimerkiksi kun asuinrakennus halutaan muuttaa toimistoiksi tai toimistorakennus asuinrakennukseksi.

4.3.6 Huoneistojen väliset muutokset

Huoneistojen välisten muutosten mahdollistaminen voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Yksinkertaisimmillaan kyse on huoneistojen välisen seinän ennakoidusta avaamisesta tai sulkemisesta sekä siihen liittyvistä taloteknisistä maltillisista säädöistä. Laajimmillaan muutokset voivat ulottua edellisten ohella myös märkätilojen ja keittiöiden sijaintien uudelleenjärjestämiseen, mikä tekee prosessista teknisesti ja taloudellisesti huomattavasti vaativamman (ks. esim. Schneider & Till, 2007; Schmidt & Austin, 2016; Tarpio, 2015). On olennaista huomata, että tällaiset muutokset eivät yleensä ole loppukäyttäjän itsenäisesti toteutettavissa. Ne vaativat useimmiten rakennuksen omistajan, taloyhtiön tai viranomaisten luvan sekä laajasti osaamista ja resursseja.

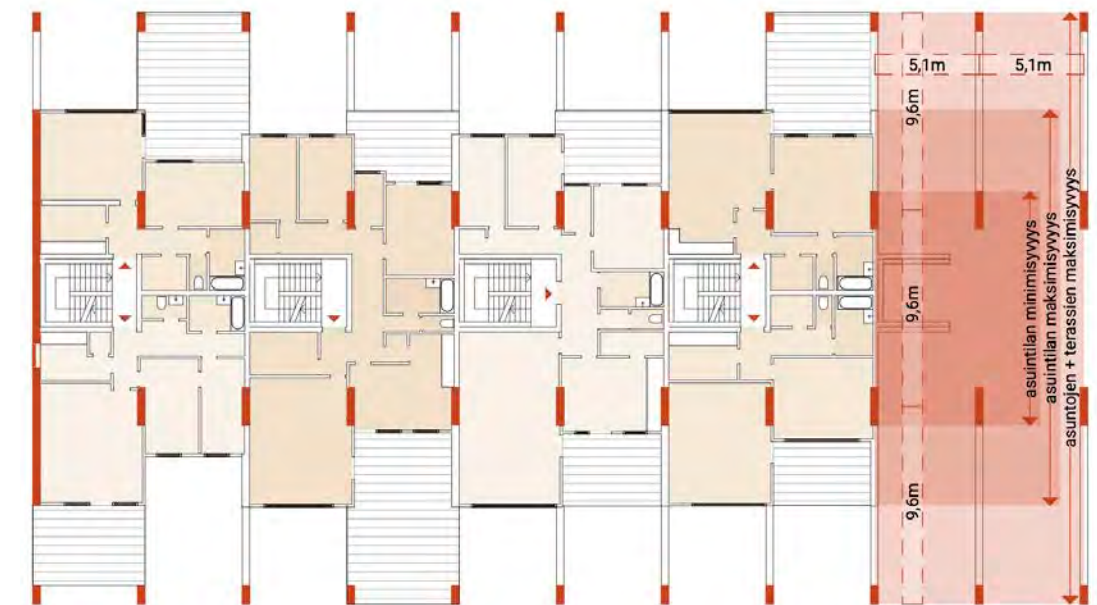
Kustannusten ja resurssien näkökulmasta merkittävä ero syntyy siitä, pohjaavatko huoneistojen väliset muutokset kytköhuoneisiin tai -huoneistoihin vai rakennuksen lähes rajattoman muunneltavuuden mahdollistavaan ratkaisuun, joka vaatii erikoisrakenteita ja -järjestelmiä. Kytöhuoneiden ja -huoneistojen tapauksessa muutos voidaan toteuttaa huomattavasti kevyemmin (ks. esim. Tarpio, 2015, s. 211). Periaate on yksinkertainen: vierekkäisiin huoneisiin tai huoneistoihin toteutetaan varaukset aukoilta, jotka voidaan myöhemmin avata (ks. esim. Kortetmäki ym. 2023, s. 42). Näin pieni kytköhuoneisto voidaan liittää suurempaan huoneistoon tai kytköhuone voidaan siirtää yhden huoneiston kokonaisuudesta toiseen. Vastaavasti ratkaisu voidaan toteuttaa päinvastaiseen suuntaan, eli esimerkiksi pieni huoneisto voidaan erottaa omaksi kokonaisuudekseen. (Ks. kuva 22.)



Kuva 22. 1900-luvun alun asuinrakennuskohteista löytyy kytköhuoneiden mahdollisuuksia. Esimerkkinä olevassa Helsinkiin sijoittuvassa kerrostalossa vuodelta 1929 porrashuoneesta avautuu useita sisäänkäyntejä huoneistoihin. Porrashuoneen kohdalla on yhden huoneen ja pienen märkätilan käsittävä osuus, johon on oma sisäänkäynti, mutta joka voidaan liittää kumpaankin viereisistä huomattavasti suuremmista huoneistoista. Kuva on piirretty uudelleen Tarpion (2015) pohjalta.

Kytöhuoneistojen ratkaisuissa on huomioitava jokaisen itsenäisenä käytettävän huoneiston itsenäiset sisäänkäynnit. Lisäksi on varmistettava, että myös tilojen koot ja muodot sekä märkätilojen sijainnit ja niihin liittyvät nousuhormit tukevat jaettavaa. Paikoin kytköhuoneistoja mahdollistamaan on rakennettu erityisiä tekniikkavarauksia ja lisänoisuhormeja, jotka ennakoivat sitä, että esimerkiksi huoneistoja jaettaessa voidaan rakentaa kummallekin huoneistolle vaaditut keittiöt ja märkätilat (ks. esim. Kortetmäki ym. 2023, s. 51-52). Talotekniikan näkökulmasta kytköasunto toimii omana yksikkönään, joka pitää sisällään kaikki sen vaatimat sähkö- ja talotekniset ratkaisut. Kytöhuone liittyy kussakin tilanteessa sen asunnon taloteknisiin järjestelmiin, johon se on yhdistettynä. Muutoksiin huoneen siirtyessä asunnolta toiselle voidaan varautua ilmanvaihdon osalta esimerkiksi kanava-varauksin, jotka otetaan käyttöön aina sen asunnon suunnalta, johon kytköhuone liittyy. Sähköjärjestelmien osalta kytköhuoneelle varataan molempiin huoneistoihin omat jakorasit, joista kaapelit jatketaan huoneeseen tilanteen mukaan. Kytöhuoneiden ja -huoneistojen talotekniikkaan liittyviä ratkaisuja esitellään luvussa 7.

Tarpio (2015, s. 285) on avannut tutkimuksessaan myös niin kutsuttuja moduulistruktuuriin perustuvia ratkaisuja, joissa huoneistojen rajat (ja huoneiden rajat) voidaan toteuttaa mittamoduloidun runkorakenteen sisällä monin eri tavoin (ks. kuva 23). Tällaisissa tilanteissa paitsi toistuva ja sopiva mitoitus myös pystynousujen paikat ja vaakatasossa kulkevan tekniikan jakelun toteuttamisen tavat ovat keskeisiä erilaisten huoneistojakojen mahdollistamisen kannalta (Tarpio, 2015).



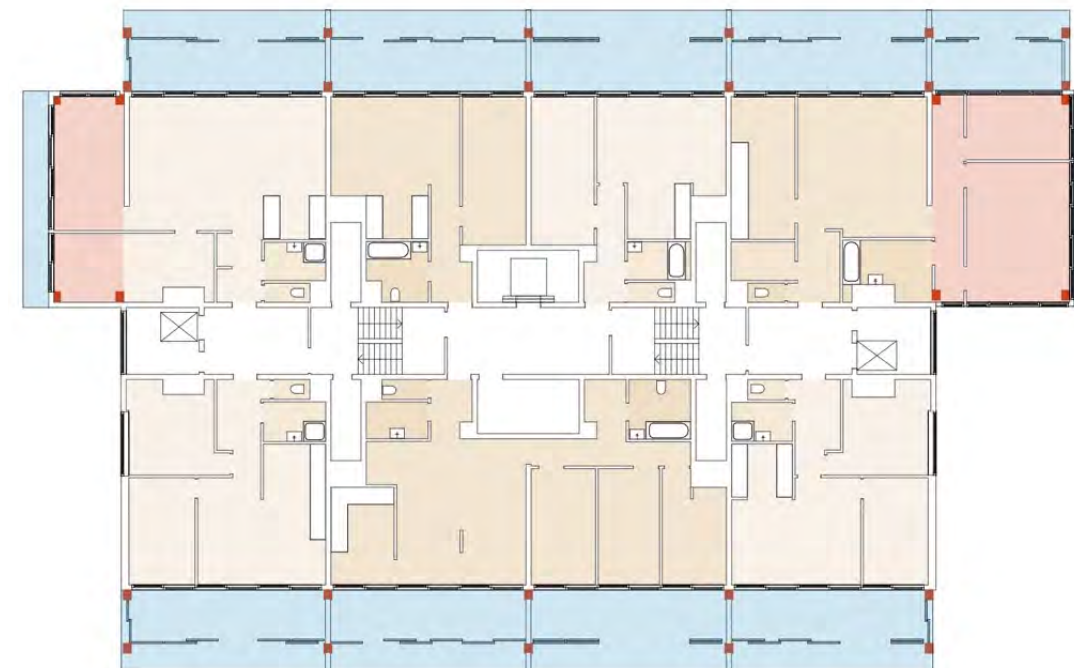
Kuva 23. Moduulistruktuuriin perustuva ratkaisu, jossa huoneistojen ja huoneiden rajat on voitu toteuttaa tilan tarpeen pohjalta mittamoduloidun runkorakenteen sisällä. Runkorakenteessa asuntilan maksimisyvyys on 19.2 m, ja lisäksi on mahdollista toteuttaa terassivyöhykkeitä. Esimerkkinä kerrostalo Itävalasta vuodelta 1976. Kuva on piirretty uudelleen Tarpion (2015) pohjalta.

Vaikka tilallisesti ja teknisesti huoneistojen yhdistäminen tai erottaminen voidaan ratkaista esimerkiksi kytköhuoneiden tai -huoneistojen avulla melko vaivattomastikin, hallinnollisesti muutos ei ole aina helppo. Huoneistojen välisiin muutoksiin haasteita aiheuttavat tämänhetkiset lupaprosessit ja yhtiömallit. Lupaprosessissa asunnot luvitetaan tietyn kokoisiksi: huoneistojen sekä niiden sisäisten asuinhuoneiden lukumäärät tulee ilmoittaa. Vastaavasti niin huoneistojen lukumäärän muutos kuin muutokset huoneistojen pinta-aloissa rakennuksen elinkaaren aikana vaikuttavat asunto-osakeyhtiöissä muun muassa osakkeiden määrään ja vastikkeisiin, ja ne voivat vaikuttaa myös esimerkiksi auto- ja pyöräpaikkojen sekä varastotilojen lukumääriin ja pinta-aloihin. Kytkeä asuntoratkaisuita on toteutettu 2020-luvulla siten, että molemmat asunnot kuuluvat samaan osakeryhmään mutta ne voivat toimia erillisinä huoneistoina esimerkiksi vuokrauksen kautta. Yleisesti edellä kuvattuja yhtiömalliin liittyviä muutoksia on helpompaa toteuttaa vuokra-asuntoyhtiöissä, mutta hallinnollisten ja lupaprosessiin liittyvien seikkojen ketteröittäminen voisi luoda puitteet laajemmin tapahtuville muutoksille huoneistojen välillä. (Rakennustietosäätiö RTS sr., 2025.)

4.3.7 Rakennuksen laajennettavuus

Rakennuksen ulospäin laajennettavuudella tarkoitetaan sitä, että mahdollistetaan uuden tai uusien tilojen tai tilakokonaisuuksien merkittävä lisääminen rakennukseen (ISO 20887:2020; ks. myös Hakaste ym., 2024). Laajennettavuus on eräs keino vastata rakennuksen muuttuviin tilantarpeisiin ja siten pidentää rakennuksen käyttöikää ja vähentää tarpeettoman uudisrakentamisen tarvetta. Käytännössä tämäkin merkitsee ennakoivaa suunnittelua, jossa otetaan huomioon sekä rakenteelliset, tekniset että toiminnalliset valmiudet tulevaisuuden muutoksiin (ks. esim. Schneider & Till, 2007; Schmidt & Austin, 2016). On kuitenkin huomattava, että rakennuksen laajentaminen ulospäin ei ole yksinkertainen toimenpide: se vaatii usein laaja-alaista osaamista, huomattavia taloudellisia investointeja (ks. esim. kuva 23) ja sekä rakennuksen omistajan että useimmiten myös kaupungin virkamiesten hyväksyntää.

Rakennusta voidaan laajentaa lisäämällä siihen uusia osia, kuten lamelli tai lisäsiipi. Toinen vaihtoehto on rakennuksen laajentaminen ylöspäin, esimerkiksi yhden tai useamman lisäkerroksen avulla. Tämä vaatii, että perustukset ja runkorakenteet on suunniteltu tai varustettu kestävästi kasvavat kuormat tai että niitä voidaan vahvistaa jälkikäteen. Rakennuksen laajentaminen ulospäin voi tarkoittaa myös uusia ulkotiloja, kuten parvekkeita tai terasseja. Ne eivät kasvata rakennuksen sisätilojen määrää, mutta lisäävät käytettävää pinta-alaa ja voivat merkittävästi parantaa rakennuksen monipuolista käytettävyyttä vaihtuvissa tilanteissa (ks. 4.3.2 Käytön laajentaminen ulkotilaan).



Kuva 24. Kun rakennus tai tila ei sellaisinaan vastaa tarpeita, voidaan purkamisen sijaan laajentaa rakennusta. Näin on tehty esimerkkinä olevassa kerrostalossa Ranskassa, joka on rakennettu alun perin 1960 -luvun alussa, ja johon lisäosien laajennus toteutettiin vuonna 2011. Alkuperäisiin huoneistoihin, jotka esitetään kuvassa beigellä, lisättiin lasitettuja parvekkeita, jotka esitetään kuvassa sinisellä, ja lämmitettyjä huoneosia, jotka esitetään kuvassa punaisella. Samalla julkisivut avattiin suurilla ikkunoilla. Rakennuksen sisäänkäynti ja yhteiset tilat uudistettiin. Laajennukset toteutettiin esivalmistetuista elementeistä. Kuva on piirretty uudelleen Ketterän asumisen keittokirjan (ei pvm.) pohjalta.

Edellä esitellyt joustavuusominaisuudet voidaan esittää suunnitelma-asiakirjoissa **muuntovaihtoehtojen** avulla, jotka havainnollistavat tilajaon vaihtoehtoja ja niihin liittyvää teknistä varautumista.

4.4 Joustavaksi suunnittelun arviointi hankkeessa

Rakennuksen joustavuudella tarkoitetaan siis sitä, että rakennuksessa toteutuu joko monikäyttöisyyden tai muunneltavuuden periaate tai periaatteita, joiden ansiosta rakennuksella on kyky mukautua erilaisiin käyttöihin ja käytön muutoksiin. Kaikkia joustavuusperiaatteita ei tarvitse toteuttaa, eikä niitä usein ole edes mahdollista toteuttaa samanaikaisesti.

Siksi joustavuuden arvioinnin ensimmäinen vaihe on määrittää, mitkä joustavuusperiaatteet ovat kyseisessä rakennushankkeessa keskeisiä (ks. ISO 20887:2020) ja tämä on syytä tehdä tuottaamalla hankkeelle skenaariotarkastelua (ks. luku 1.3). Tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa päätetään hankkeen tilojen laajuudesta ja laatutasosta. Tällöin siis tuotetaan käsitys paitsi ensikäytön tilantarpeista myös elinkaariominaisuuksiin, mukaan lukien joustavuusominaisuuksiin, liittyvistä tavoitteista. Edellä esitetty joustavuuden jako osiin voi toimia ”yhteisenä kielenä”, kun rakennuskohteelle asetetaan elinkaaren aikaisia tavoitteita.

Rakennuksen joustavuustavoitteet on otettava huomioon jo hankesuunnitteluvaiheessa tehtävän ohjelmoinnin yhteydessä (Kruus & Kiiras, 2006; Saari, 2001). Esimerkiksi muunneltavuuden tavoittelu tuo ohjelmointiin erityispiirteitä: on määriteltävä muuntuvan tilaosan (eli niiden rakennukseen sijoitettavien tilojen, joiden muutoksiin varaudutaan) ominaisuudet, mitoitettava rakennuksen kiinteä tukiosa, laadittava rakennuskustannusbudjetti, jossa eritellään kiinteän tukiosan osuus ja muuntuvan tilaosan osuus, sekä määritettävä ylläpitotaloudelliset tavoitteet sekä muuntuvan tilaosan minimivaihtoehdolle että sen maksimivaihtoehdolle. Jotta kiinteä tukiosa voidaan määritellä ja mitoittaa, tulee sitä ennen määritellä muuntuvien tilojen ominaisuudet tai paremminkin tilojen ominaisuuksien vaihteluvälit, jotka kuvataan laatimalla hankkeelle joustava tilaohjelma (Saari, 2001, ks. myös Kruus & Kiiras, 2006). Joustava tilaohjelma toimii käytännön instrumenttina, jolla joustavuustavoitteet viedään monialaiseen suunnitteluprosessiin (muiden laatutavoitteiden ohella).

Vaikka rakennushankkeet olisivat tilaohjelmaltaan samanlaisia, niiden toteutuksessa voi olla huomattavia eroja erilaisista suunnitteluratkaisuista johtuen. Suunnitteluvaiheessa tarkastellaan rakennukseen ja sen tiloihin liittyviä ratkaisuja ja tällöin asetetut joustavuustavoitteet otetaan huomioon. Suunnittelussa huomioidaan kiinteän tukiosan optimointi siten, että samalla tuetaan vaihtoehtoisia käyttöjä ja kalustuksia tilaratkaisuissa (käyttövaihtoehdot – monikäyttöisyys) sekä mahdollistetaan vaihtoehtoisia tilajakoja ja -ratkaisuja (muuntovaihtoehdot – muunneltavuus).

Joustavuuden arviointi ja todentaminen tapahtuu suhteessa kohdekohtaisiin tavoitteisiin sekä laadittuihin skenaarioihin (ks. myös SFS-EN 16309 + A1:2014, s. 28). Tällöin voidaan rakennushankekohtaisesti tehdä arviointia ISO 20887:n osoittamalla tavalla (ks. luku 4.2) eli laskea esimerkiksi tarkempia prosenttiosuuksia siitä, kuinka suuri osa rakennuksesta on toteutettu ei käyttöihin sellaisenaan sopeutuvaksi (monikäyttöisyys), ja kuinka suuri osa rakennuksesta on toteutettu muunneltavaksi eri käyttötarkoituksiin (muunneltavuus). Hankekohtaiset tavoitteet tarjoavat tällöin taustaa numeraaliselle arvioinnille: numeraalinen arviointi vaatii joustavuuden kohdalla aina tilalliseen laatuun liittyviä taustatietoja. Rakennukselle tuotetut suunnitteludokumentit toimivat tällöin tarkempana todentamisen välineenä arvioinnissa ja todisteena arvioinnin tulokselle. Tieto joustavuuden tasosta ei saa jäädä vain suunnitteluvaiheeseen, vaan sen on oltava rakennuksen käytön aikana saatavilla ja hyödynnettävissä.

Joustavaksi suunnittelu: Arvioinnin lähtökohdat

Joustavaksi suunnittelulla mahdollistetaan rakennuksen kyky mukautua käyttötarkoitusten, -tapojen tai olosuhteiden muutoksiin ja niistä aiheutuviin tarpeisiin muuttua tilan käyttöä, tilaa, rakennusta ja/tai sen järjestelmiä.

Säädökset: Rakennus suunnitellaan elinkaariominaisuuksiltaan ekologiseksi: ”*Erityisesti huomiota on kiinnitettävä -- rakennuksen ja sen tilojen, rakennusosien sekä teknisten järjestelmien -- käytettävyyteen -- muunneltavuuteen.*” (RakL 751/2023, 39 §.)

Standardi: Sustainability in buildings and civil engineering works – Design for disassembly and adaptability – Principles, requirements and guidance. (ISO 20887:2020.)

(☐ Tavoite määritetty, ☐ Toteutettu)

Arvioinnin osa-alue	Arvioinnin keskeinen sisältö	Arviointitapa, dokumentointi
☐ ☐ Rakennus jaetaan kiinteään tukiosaan ja muuntuvaan tilaosaan.		
1. Monipuolinen käyttö ja kalustus	☐ Tila/huone/huoneisto (mm. laajuus, reitit, muodot, avautuminen) on optimoitu suhteessa tavoiteltuihin käyttövaihtoehtoihin : käyttövaihtoehdot huomioidaan rakenteissa, LVISA-järjestelmissä ja tilapinnoissa.	☐ Hankekohtaiset tavoitteet on määritelty: <i>Mitä tällä hankkeella tavoitellaan joustavuuden näkökulmasta?</i> Dokumentti: Tarveselvitys-asiakirja
2. Käytön laajentaminen ulkotilaan*	☐ Ulkotila on käytettävissä muista tiloista riippumattomalla tavalla. ☐ Ulkotila voidaan suojata erilaisiin käyttöihin. ☐ Ulkotilalla on useita käyttövaihtoehtoja (ks. kohta 1). <i>* mahdollisuudet käytettävissä luonnon syklien mukaan, siksi aihe ei takaa yksin monikäyttöisyyttä.</i>	☐ Joustavuustavoitteet on esitetty tilaohjelmassa (ks. joustava tilaohjelma , Kruus & Kiiras, 2006, Saari, 2001), joka vie kohteelle tavoitellut käyttö- ja muuntovaihtoehdot monialaiseen suunnittelutyöhön. Dokumentti: Joustava tilaohjelma
3. Muokattavat osat (kalusteet ja tilan jako-osat)	☐ Tila/huone/huoneisto (mm. laajuus, reitit, muodot, avautuminen) on optimoitu suhteessa tavoiteltuihin käyttövaihtoehtoihin : käyttövaihtoehtoja mahdollistavat muokattavat kalusteet ja tilan jako-osat huomioidaan rakenteissa, LVISA-järjestelmissä ja tilapinnoissa.	☐ Rakennukselle on tuotettu suunnitteludokumentit, jotka todentavat tilallisten ja teknisten ratkaisuiden toteutumisen suhteessa tavoiteltuihin joustavuuden käyttö- ja muuntovaihtoehtoihin . Dokumentti: Suunnittelu-dokumentit käyttö- ja muunto-vaihtoehtoineen
4. Muunneltavuus kuivissa tiloissa (ilman muutoksia vesi- ja viemäri-järjestelmiin)	☐ ☐ Tila/huone/huoneisto (mm. laajuus, reitit, muodot, avautuminen) on optimoitu suhteessa tavoiteltuihin muuntovaihtoehtoihin : muunto-vaihtoehdot huomioidaan rakenteissa, LVISA-järjestelmissä, tilapinnoissa ja liitoksissa.	☐ Tieto tilallisten ja teknisten ratkaisuiden toteutumisesta suhteessa tavoiteltuihin joustavuuden käyttö- ja muuntovaihtoehtoihin on siirretty rakennuksen käyttövaiheeseen. Dokumentti: Käyttö- ja huolto-ohjekirja tai joku muu käyttövaiheen ohjeistus
5. Muunneltavuus muutoksilla vesi- ja viemäri-järjestelmiin	Kohdissa 5. & 6 lisäksi: ☐ ☐ Rakenteet ja LVISA-järjestelmät (ml. esim. tekniikkavaraukset / asennuslattiat) on toteutettu siten, että muuntovaihtoehtoihin kuuluvat märkätilamuutokset voidaan tehdä rakennuksen elinkaaren aikana ilman muutoksia rakennuksen kiinteään tukiosaan.	
6. Huoneistojen väliset muutokset		
7. Rakennuksen laajennettavuus	☐ ☐ Rakennus on optimoitu sekä tilallisesti että teknisesti (mm. sijainti, runko) siten, että muuntovaihtoehdot , joihin kuuluvat tilojen huomattava lisääminen, ovat mahdollisia.	

Kuva 25. Joustavaksi suunnittelu: kooste arvioinnista rakennushankkeissa.

5

Purettavaksi suunnittelu

Tuomo Joensuu

5.1 Uudelleenkäytettävyyden taustaa ja perusteita

Purettavaksi suunnittelussa (engl. *Design for Disassembly*, DfD) ideana on lisätä suunnittelun ja muiden tuotantovaiheen toimenpiteiden avulla rakennuksen osien uudelleenkäytön todennäköisyyttä, jos rakennus joudutaan purkamaan (Webster, 2007). DfD siis pyrkii jo valmistusvaiheessa eliminoimaan myöhemmän uudelleenkäytön todennäköisyyttä heikentäviä tekijöitä, joita voivat olla esimerkiksi liian korkeat osiksi purkamisen ja uudelleenkäytön kustannukset, puuttuvat markkinat sekä uudelleenkäyttöön soveltumaton rakennustekniikka (Densley Tingley ym., 2017).

Elinkaarikestävyys näkökulmasta purettavaksi suunnittelu on hyödyllistä, sillä osa purkamiseen johtavista tekijöistä on vaikeasti ennustettavia eikä välttämättä johdu rakenneteknisistä ongelmista, vaan esimerkiksi kaupunkirakenteesta tapahtuvista muutoksista. Kaupunkirakenteen muutokset juontuvat usein kaupunkien ja seutujen sosioekonomisesta kehityksestä, joka on riippuvaista globaalista tai kansallisesta kehityksestä, joten siihen on rakennuskohtaisilla fyysisillä ratkaisuilla hyvin vaikea vaikuttaa (Demos Helsinki, ei pvm.; Kurvinen ym., 2021).

Purettavaksi suunnittelu voi tarjota kustannustehokkaan keinon vähentää kiinteistö- ja rakentamisalan ympäristövaikutuksia pitkällä tähtäimellä (Joensuu ym., 2022). Siinä on tavoitteena, että rakennuksen osien uudelleenkäyttö olisi selkeästi nykyistä todennäköisempää, jolloin voidaan välttää neitseellisten materiaalien käyttöä ja prosessointia rakennusosiksi. Nykyään tyypillinen tapa purkaa esimerkiksi betonirakennus on murskata se ja käyttää sitä kalliomurskeen korvikkeena teiden tai rakennusten pohjarakenteissa, jolloin merkittäviä ilmastohyötyjä ei saavuteta. Murskaavan purun tyypillisuus johtuu siitä, että nykyisissä rakennuksissa ei ole aiemmin toteutettu ratkaisuja, jotka helpottavat purkamista ja uudelleenkäyttöä, jolloin rakennusosien uudelleenkäyttö törmää suurella todennäköisyydellä liiketoiminnallisiin esteisiin (Al-Jaber ym., 2023; Densley Tingley ym., 2017).

Purettavaksi suunnittelu on yksi keskeisistä rakentamisalan kiertotalouden konsepteista, sillä se edistää uudelleenkäyttöä, joka on jätehierarkiassa toiseksi tärkein prioriteetti. Nyrkkisääntönä jätehierarkiassa on se, että kehitystyö kohdistetaan niihin ratkaisuihin, jotka vähentävät materiaalien prosessointia ja säilyttävät tuotteiden arvon (Zhang ym., 2022). DfD kuitenkin eroaa muista uudelleenkäytön strategioista siten, että siinä keskitytään uutta, rakennettavaa rakennusta koskevaan päätöksentekoon, jolloin uudelleenkäyttöön liittyvät hyödyt voidaan saavuttaa vasta mahdollisessa purkutilanteessa vuosikymmenien kuluttua. Olemassa olevan rakennusrungon tai sen osien uudelleenkäytössä ja muissa tuotevaiheen vähähiilisissä ratkaisuissa hyödyt voidaan saavuttaa välittömästi, joten ympäristö- ja taloushyötyjen perustelu on yksinkertaisempaa. Siksi on pystyttävä

osoittamaan, että nyt suunniteltavan ja rakennettavan rakennuksen uudelleenkäytettävyyttä tukevat toimenpiteet ovat toimivia. Lisäksi tiedon uudelleenkäytettävyyteen liittyvistä ominaisuuksista on siirryttävä elinkaaren vaiheelta toiselle, jotta niitä osataan käyttää, kun se tulee ajankohtaiseksi.

DfD-rakentamisen tekniikka- ja suunnitteluratkaisut ovat kehitysvaiheessa. Aiemmin toteutetuissa piloteissa tekniset ratkaisut poikkeavat merkittävästi toisistaan, eikä kustannustehokkaan ja standardointikelpoisen rakennejärjestelmän suunnitteluperiaatteista ole konsensusta. Yksi kunnianhimoisimmista DfD-rakennuksista on kolmikerroksinen Amsterdamin väliaikainen oikeustalo, joka rakennettiin vuonna 2018 ja siirrettiin toisaalle vuonna 2025 (Cepezed, ei pvm.). Rakennuksessa käytettiin teräsrakenteista pilari-palkkirunkoa ja ontelolaattaväliä. Myös suomalainen betonirakenteiden liitos- ja liitokomponenttien valmistaja Peikko on toteuttanut asennus- ja purkukokeen pienimuotoiselle betonipilari-teräspalkki-ontelolaattarakenteelle (Peikko, 2022). Pienimuotoinen, mutta monipuolisesti raportoitu Circle House -demonstraatio (2018) on yksi harvoista asuinkerrostalorakentamiseen tarkoitetuista DfD-konsepteista. Siinä kantava runko toteutettiin betonielementeistä ja vaippa puuelementeistä. Tuoreemmissa DfD-rakenteisiin liittyvissä tiedeartikkeleissa on tarkasteltu teräsrunkoista tilamoduulirakennetta sekä esitelty toimistokäyttöön suunniteltua puu-teräs-betonihybridirakennusta (Mañes-Navarrete ym., 2025; Sharafi ym., 2025).

Vaikka materiaali- ja rakennevaihtoehdot monipuolistuvat, tämän hankkeen DfD-rakenteiden teknisissä tarkasteluissa lähtökohtana on betonielementtirakenteinen kantava runko. Betonielementtitekniikka on Suomessa ja monissa Euroopan maissa säilyttänyt markkina-asemansa, vaikka alaan kohdistuu merkittävä paine parantaa ympäristötehokkuutta. Alalla myös etsitään aktiivisesti keinoja pienentää betonin käytön ilmastovaikutusta (betoni.com, ei pvm.). Näistä syistä DfD-betonielementtitekniikasta voi kehittyä kestävämpi, mutta markkinaehtoisesti yleistynyt vaihtoehto asuinkerrostalorakentamiseen.

5.2 Purettavaksi suunnittelun periaatteet

Rakentamisalalla DfD on verrattain tuore konsepti. Tiedekirjallisuudessa purettavaksi suunnittelun periaatteita ja ohjeita ovat viime aikoina käsitelleet esimerkiksi Ostapska ynnä muut (2024) kirjallisuuskatsauksessa, jossa pyrittiin arvottamaan aiemmin esitettyjä suunnitteluperiaatteita esiintymistiheyden mukaan. Aiemmin samankaltaisia DfD:n fyysisen suunnittelun suuntaviivoja on esitelty esimerkiksi Crowtherin (2018) tiedeartikkelissa sekä Guyn ja Ciarimbolin (2005) hankeraportissa. Näissä lähteissä on esitetty mittava lista käytännön periaatteista, joiden omaksuminen ja soveltaminen voi olla niiden määrän ja yksityiskohtaisuuden vuoksi hankalaa. Kansainvälinen standardi ISO 20887:2020 tuo tähän kokonaisuuteen selkeytystä, sillä siinä on ryhmitelty DfD:n yksittäisiä suunnitteluohjeita yleisiksi periaatteiksi.

ISO 20887:ssä luetellaan seuraavat DfD-rakentamisen yleiset periaatteet: a) komponenttien ja palvelujen helppo saavutettavuus, b) riippumattomuus, c) tarpeettomien käsittelyjen ja viimeistelyjen välttäminen, d) uudelleenkäytön (kiertotalous) liiketoimintamallien tukeminen, e) yksinkertaisuus, f) standardointi ja g) purkamisen turvallisuus. ISO 20887 on standardin ensimmäinen versio, ja sitä on kritisoitu konkretian puutteesta (Kręć-Grześkowiak & Baborska-Narożny, 2023). Toisaalta siinä esitettyjen periaatteiden jäsenyys ja abstraktion taso ei ole täysin johdonmukainen. Esimerkiksi ”tarpeettomien käsittelyjen välttäminen” voidaan tulkita myös saavutettavuusperiaatteen käytännön tason ohjeeksi. Toisaalta ISO 20887:n periaatteista puuttuu ”käsittelyn mahdollistaminen”, johon liittyviä ohjeita on kuitenkin annettu toisaalla samassa standardissa ja muissa lähteissä.

Taulukko 2 listaa kirjallisuudesta löytyviä suunnitteluohjeita ISO 20887:n periaatteita mukaillen. Taulukossa luokitellaan DfD-periaatteet teemoihin: riippumattomuus, saavutettavuus, yksinkertaisuus, standardisointi, käsittelyn mahdollistaminen, turvallisuus, uudelleenkäytön liiketoiminnan mahdollistaminen (ks. kuva 26).

1	2	3	4	5	6	7
Saavutettavuus	Riippumattomuus	Yksinkertaisuus	Standardisointi	Käsittelyn mahdollistaminen	Turvallisuus	Liiketoiminnan mahdollistaminen

Kuva 26. Seitsemän osakokonaisuutta, joihin purettavaksi suunnittelun periaatteet on EKAT-hankkeessa jaettu.

Koska purettavaksi suunnittelun standardit eivät ole täysin jäsenyntyneitä eikä ratkaisusta ole täyttä konsensusta, seuraavat alaluvut pyrkivät konkretisoimaan ja tarkentamaan DfD-rakennusten periaatteita ISO 20887-standardia mukaillen ja täydentäen. Tässä työssä kuvataan, minkä uudelleenkäytön esteen DfD-rakennusten suunnitteluperiaatteet pyrkivät ratkaisemaan, määritellään näihin periaatteisiin liittyvät olennaiset tavoitteet sekä kuvataan konkreettisesti ja havainnollisesti, kuinka ne voidaan toteuttaa betonielementtirunkoisen rakennuksen suunnittelussa. Aiempia kokemuksia DfD-rakennuksista on vähän, joten suunnitteluperiaatteiden vaikuttavuudesta ei juurikaan ole empiiristä tietoa. Tämän vuoksi seuraavien kappaleiden pohdinnat ovat luonteeltaan alustavia.

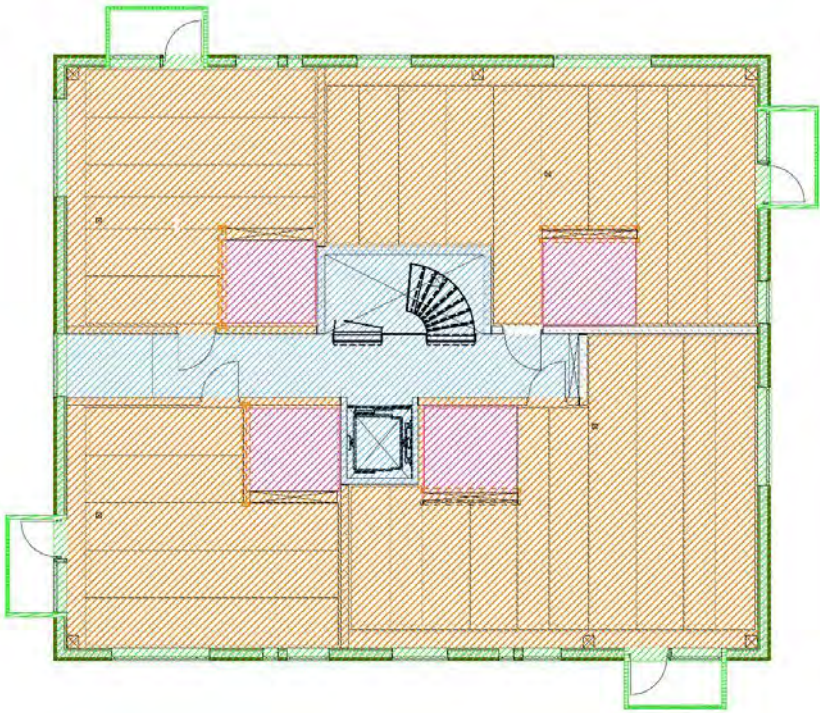
Tässä luvussa esitetyt suunnitelmat ja rakenneratkaisut perustuvat Tampereen yliopiston rakentamistalouden tutkimusryhmän toteuttamaan Uudelleen käytettävien rakennuselementtien kiertotalouden ekosysteemi (DfD-ecosystem) -tutkimukseen (2023–2026). Kyseisessä tutkimuksessa on valittu aiemmin toteutettu asuinkerrostalo ja laadittu koesuunnitteleamalla sille vaihtoehtoisia DfD-periaatetta noudattavia ratkaisuja. Lisäksi on verrattu vaihtoehtoisia ratkaisuja alkuperäiseen, toteutettuun suunnitelmaan.

Taulukko 2. Kirjallisuudessa esiintyviä DfD-rakennuksen suunnitteluohjeita teemoittain.

Saavutettavuus	
Pääsy rakenteisiin ja talotekniisiin järjestelmiin	ISO 20887, Crowther (2018), Ostapska ym. (2024)
Saavutettavat ja näkyvät liitokset	Guy & Ciarimboli (2005), ISO 20887, Ostapska ym. (2024)
Viimeistelykerrosten lisäämisen välttäminen	Guy & Ciarimboli (2005), ISO 20887
Riippumattomuus	
Organisointi vyöhykkeisiin	ISO 20887, Crowther (2018), Guy & Ciarimboli (2005), Ostapska ym. (2024)
Talotekniikan erottaminen rakenteista	Guy & Ciarimboli (2005)
Rakenteen ja julkisivun erotettavuus	Crowther (2018)
Yhtäaikaisen irrottamisen mahdollistaminen	Crowther (2018), Guy & Ciarimboli (2005), Ostapska ym. (2024)
Uudelleenkäytettävät liitokset	ISO 20887, Ostapska ym. (2024)
Mekaaniset liitokset kemiallisten sijaan	Crowther (2018), Guy & Ciarimboli (2005), ISO 20887, Ostapska ym. (2024)
Irrottamisen mahdollistavat toleranssit	Guy & Ciarimboli (2005)
Standardointi	
Vaihdettavuus	Guy & Ciarimboli (2005), ISO 20887, Ostapska ym. (2024)
Esivalmistus	Guy & Ciarimboli (2005), ISO 20887, Ostapska ym. (2024)
Standardien mukainen modulaarinen järjestelmä	Crowther (2018), ISO 20887, Ostapska ym. (2024)
Standardoidut asennustavat	Ostapska ym. (2024)
Avoimuus rakenteellisille vaihtoehdoille	Crowther (2018), Ostapska ym. (2024)
Käsittelyn mahdollistaminen	
Rakenteisiin integroidut nostoelimet	ISO 20887
Käsittelytapaan sopiva koko	ISO 20887, Crowther (2018), Ostapska ym. (2024)
Käsittelytapaan sopiva paino	Crowther (2018)
Kevyet materiaalit	Crowther (2018), Guy & Ciarimboli (2005)
Yksinkertaisuus	
Taloteknisten järjestelmien keskittäminen	Guy & Ciarimboli (2005), Ostapska ym. (2024)
Rakenteen ja muodon yksinkertaisuus	Guy & Ciarimboli (2005), ISO 20887, Ostapska ym. (2024)
Mahdollisimman vähän liitoksia, materiaaleja, komponentteja, työkaluja ja käytäntöjä	ISO 20887, Crowther (2018), Guy & Ciarimboli (2005), Ostapska ym. (2024)
Matala teknologia ja vakiomenetelmät	Crowther (2018)
Uudelleenkäytön liiketoiminnan mahdollistaminen	
Kustannustehokas irrotus	Guy & Ciarimboli (2005), ISO 20887
Varaosien saatavuuden varmistaminen	Guy & Ciarimboli (2005), ISO 20887
Uudelleenkäyttöarvon huomioiminen	Guy & Ciarimboli (2005), ISO 20887, Ostapska ym. (2024)
Turvallisuus	
Osiksi purkamisen suunnitelma	Guy & Ciarimboli (2005), ISO 20887, Ostapska ym. (2024)
Asennusohjeet	Crowther (2018)
Turvallinen irrotusmenetelmä	ISO 20887, Guy & Ciarimboli (2005)
Standardi materiaalien yksilöintiin	Guy & Ciarimboli (2005), Crowther (2018), Ostapska ym. (2024)
Uudelleenkäytön kestävät rakenteet	Guy & Ciarimboli (2005), Crowther (2018), Ostapska ym. (2024)
Haitallisten materiaalien välttäminen	Guy & Ciarimboli (2005), ISO 20887, Ostapska ym. (2024)

5.2.1 Riippumattomuus

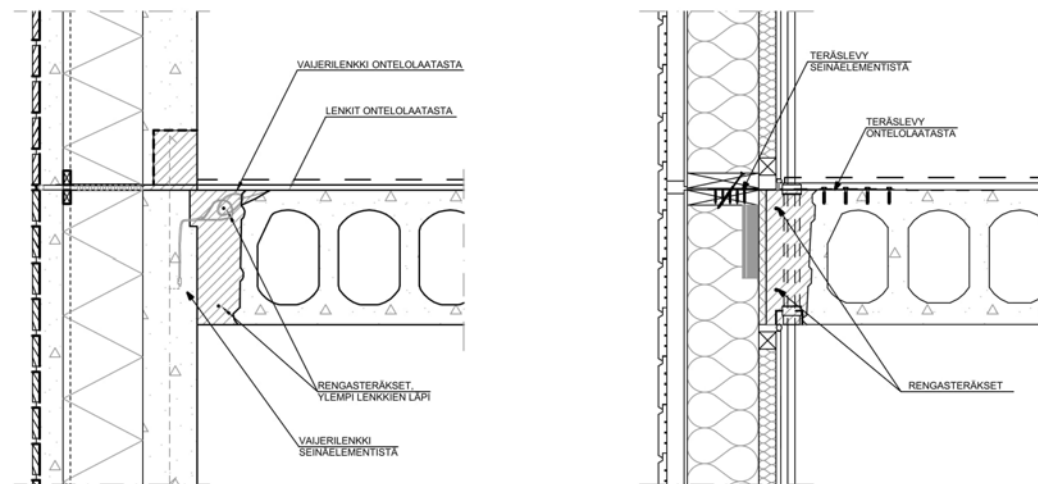
Riippumattomuus viittaa siihen, että rakennusosat ja talotekniikka ovat irrotettavissa ja vaihdettavissa ilman, että vaikutetaan niihin yhteydessä olevien järjestelmien suorituskyy-
kyyn. Nykyisessä rakentamistavassa rakennusosien irrottaminen ja vaihtaminen voi olla
työlästä ja se voi aiheuttaa vaurioita ympäröiviin rakenteisiin, jolloin niiden suorituskyy-
ky ja uudelleenkäyttöpotentiaali heikkenee tai se menetetään. Irrottamisen yhteydessä voi
aiheutua vaurioita esimerkiksi siksi, että kiinnikkeiden avaamiseen tai komponentin ve-
tämiseen pois paikaltaan ei ole varattu riittävää tilaa. Lisäksi joissakin nykyisissä raken-
nustavoissa kantavat rakenteet on suunniteltu siten, että niihin muodostuvat voimat
siirretään maksimoimalla rakenteiden välinen integroituminen. Irrottamisen kustannus-
ten vähentämiseksi ja turvallisen uudelleenkäytön mahdollistamiseksi DfD-rakennukses-
sa tavoitteena on organisoida ja liittää komponentit ja talotekniset järjestelmät toisiinsa
siten, että ne on mahdollista poistaa tai päivittää vaikuttamatta niihin yhteydessä olevien
järjestelmien toimintakyykyyn.



Kuva 27. Rakennus voidaan jakaa moduuleihin käyttötarkoituksen ja käyttöiän pituuden mukaan. Esimerkiksi porrashuoneen rakenteet poikkeavat muista merkittävästi ja ulkovaippa on altis säärasitukselle, joten se saattaa vaatia korjausta muita rakenteita useammin. Betonielementtita-
lossa myös elementtien enimmäispaino määrittelee elementtijakoa. (Joensuu & Saari, 2025.)

Yleissuunnittelun tasolla rakennuksen komponentit tai moduulit järjestetään ryhmiin,
jotka ovat mahdollisimman riippumattomia toisistaan. Ryhmittely voi perustua rakennusosan
toiminnallisiin ominaisuuksiin ja käyttöikänsä. Yleisesti ryhmittelyn perustana on käytetty
Stewart Brandin (1994) Shearing layers -konseptia, jossa eriytetään rakennuksen vaippa,

kantava runko, talotekniikka ja sisärakentaminen omiksi kokonaisuuksikseen (ks. luku 1.2). Käytännön asuinrakentamisessa myös hisseihin, portaisiin, porraskäytäviin, kylpyhuoneisiin ja parvekkeisiin kohdistuu lähtökohtaisesti erilaisia toiminnallisia ja rakenteellisia vaatimuksia kuin muihin tiloihin, joten niiden erittely ja suunnittelu omina ryhminään on perusteltua (kuva 27). Esimerkiksi puurunkoisena toteutettu kevyt ulkoseinä tarvitsee betonirakenteeseen sandwich-elementtiin verrattuna huomattavasti kevyemmät kiinnikkeet, jolloin kiinnikkeiden asentamisen yhteydessä ei tarvitse esimerkiksi rikkoa ontelolaatan reunaa, ja kiinnikkeiden irrottaminen on mahdollista kevyin työkaluin (kuva 28). ISO 20887 ehdottaa myös rinnakkaisen irrottamisen edistämistä modulaarisen suunnittelun avulla, kun kyse on vyöhykkeestä, jolla on sama toiminto tai elinkaari. Tähän liittyen Estrella ynnä muut (2024) ovat huomauttaneet, että tilamoduulit tuottavat yksilöllisiä rakenteita, jotka ovat myöhempiä tilallisia tarpeita ajatellen joustamattomia, joten niillä on vaikea täyttää kaikkia DfD-rakenteiden vaatimuksia, toisin kuin sauva- ja tasomoduuleilla.

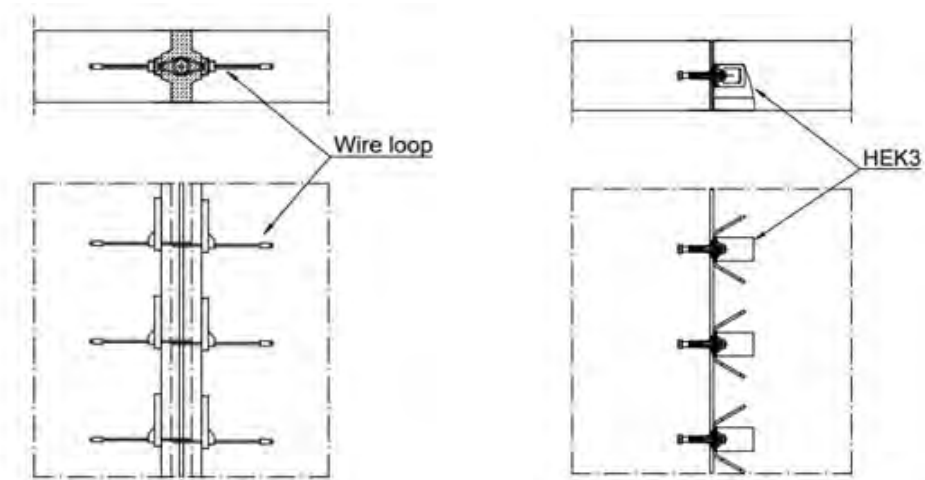


Kuva 28. Vasemmalla tyypillinen betonirakenteisen ulkoseinäelementin liitos ja oikealla puurakenteisen seinäelementin liitos DfD-rakennuksessa. Kuva: Tuomo Joensuu piirtänyt uudelleen Suominen ym. (2025).

Käytännön rakennesuunnittelun tasolla riippumattomuus merkitsee, että rakennusosat varustetaan helposti avattavilla ja uudelleenasetettavilla liitoksilla. Uudelleenasetettavia liitoksia suunnitellaan erityisesti toiminnallisten ryhmien välisiin rajapintoihin. Lisäksi huomioidaan, että liitoksilla ja komponenteilla on avaamisen ja irrottamisen kannalta riittävät toleranssit. DfD-rakennusten suunnitteluohjeita käsittelevät standardit neuvovat useimmiten suosimaan rakenteiden kokoamisessa mekaanisia liitoksia, kuten pultteja. Esimerkiksi tanskalaisessa Circle House -projektissa hyödynnettiin kuivaliitostekniikkaa, jossa betonielementtien liitokset tiivistettiin kalkkilaastin kaltaisella kevyemmällä valulla, joka on irrotettavissa pesemällä (GXN Innovation ym., 2018). Viimeisimmässä kirjallisuudessa on ehdotettu vähittäisiä muutoksia nykyiseen liitostekniikkaan, jolloin betonielementtien juotosvalulla on tavanomaiseen tapaan myös lujuusteknisiä tehtäviä, mutta joko sen lujuutta on optimoitu (Halding, 2023) tai tartuntaa on heikennetty (Jensen & Lamvik, 2023).

Tampereen yliopiston DfD Ecosystem -hankkeessa on jatkettu heikentämiseen perustuvan liitostavan kehittämistä. Konseptin etu on kustannustehokkuus ja suhteellisen pienet tarvittavat muutokset nykyiseen rakennustapaan verrattuna. Juotosbetonin lujuusteknisiä ominaisuuksia pyritään konseptissa hyödyntämään ainoastaan niissä tilanteissa, joissa siitä on olennaista etua, kuten ontelolaattakentän kuorman jakamisessa sekä tuottamaan seinien ja pilarien vaakasaumaan riittävä puristuslujuus. Irrottamisen kannalta tartunnan heikentämisen etuna on, että juotos irtaava elementin pinnasta kauttaaltaan, jolloin vältetään elementin puhdistamisen aiheuttamilta lisäkustannuksilta.

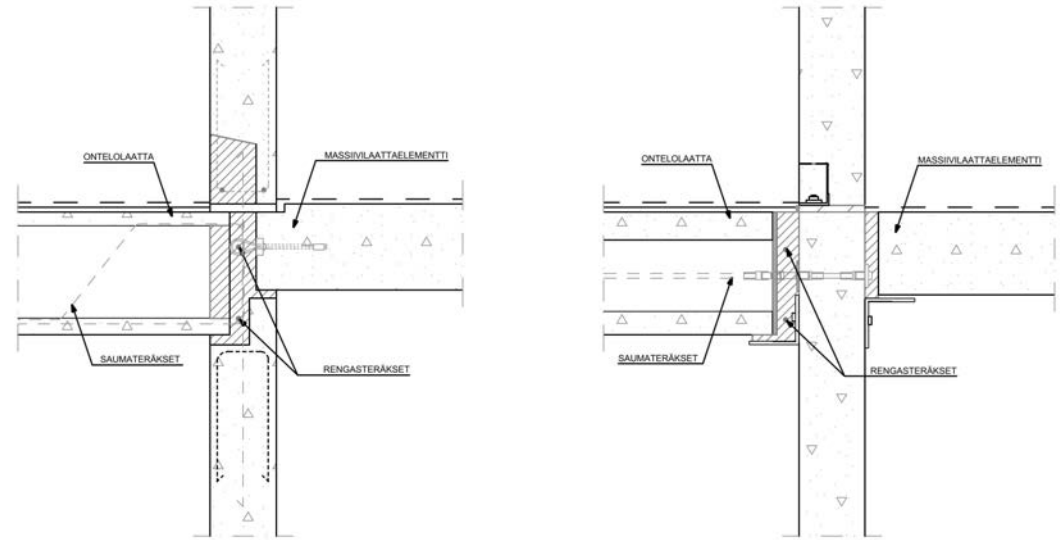
DfD-elementtirakennuksissa kantavien seinien vaaka- ja pystysaumoissa käytetään purettavia ja uudelleenkäytettäviä betonielementteihin tarkoitettuja pulttiliitoksia, joita valmistajilla on jo tuotannossa. Saatavilla on myös liitoskomponentteja, jotka mahdollistavat pystysauman tiivistämisen massalla, jolla ei ole lujuusteknisiä ominaisuuksia (kuva 29). Näin pystysauma voi pulttiliitosten avaamisen jälkeen liikkua vapaasti ja seinäelementin vaakasauma irtaava ongelmitta elementtiä taittamalla. Tällaista purkutavasta on saatu pilareiden osalta hyviä kokemuksia aiemmassa koerakennuskohteessa (Peikko, 2022).



Kuva 29. Vasemmalla tyypillinen vaijerilenkiliitos betoniseinäelementtien pystysaumaan. Oikealla vaihtoehtoinen avattava liitos. (Suominen ym., 2025.)

Keskeisimmäksi haasteeksi DfD-betonielementtien kehittämisessä on osoittautunut ontelolaattojen liitostekniikka. Lähtökohta toteuttamiskelpoiselle ratkaisulle näyttäisi kuitenkin löytyvän juotosvalun lujuuden vähentämisestä tai tavanomaisen juotosvalun tartunnan heikentämisestä. Kokeellisessa tutkimuksessa on todettu, että tartunnan heikentämisestä huolimatta ontelolaattojen saumoissa saavutetaan laattakentän jäykistämisen normaalitilanteessa edellyttämä lujuus 15 kN jännitystä vastaan (Jensen & Lamvik, 2023). Tartunnan tai valun lujuuden heikentäminen mahdollistaa ontelolaattojen irrottamisen toisistaan hydraulisella levittimellä suhteellisen vaivattomasti, jolloin vaatimuksena on, että elementti voi purkutilanteessa liikkua sauman poikittaisessa suunnassa vapaasti (Consolis VBI, 2025). Tämän vuoksi DfD-betonielementtirungossa kannatetaan

ontelolaatat seinän kylkeen asennetulta tuelta, jolloin vältetään sivuttaissuuntaisen liikkeen estävien valutulppien toteuttamiselta ontelolaatan päähän. Tyypillisessä betonielementtirakentamisessa ontelolaattojen päässä käytetään valutulppia, jotta ne kestäisivät yläpuolisten rakenteen kuorman. (Kuva 30.)



Kuva 30. Kannattamalla laatat seinän kylkeen sijoitetulta tuelta vältetään valutulppien käytöltä eivätkä laatan paksuuden vaihtelut monimutkaista seinän muotoa. Kuva: Tuomo Joensuu piirtänyt uudelleen Suominen ym. (2025).

Keskeisin DfD-betonielementtien käyttöön liittyvä rakennetekninen haaste on ontelolaattojen päiden sidonta onnettomuustilanteen varalta. Suomalaisessa rakentamisessa tyypillinen tapa toteuttaa onnettomuusraudoitus on sijoittaa se ontelolaattojen saumaan juotosvalun tartuntaa hyödyntäen. Taulukko 3 kuvaa vaihtelevia onnettomuusraudoituksen ja saumavalun asennus- ja irrotustapoja viimeaikaisissa DfD-hankkeissa. Yleisesti suositeltava ratkaisu saattaa löytyä näitä ideoita yhdistelemällä.

Taulukko 3. Potentiaalisia irrottamista edistäviä ratkaisuja ontelolaatan sitomiseen onnettomuustilannetta vastaan. Kuva: Tuomo Joensuu & Jukka Hyry.

	Asennus- menetelmä	Irrotus- menetelmä	Edut	Puutteet	Referenssi
VE1	Juotosvalun tartuntaa ei heikennetä saumaraudan kohdalta, noin 1200 mm pituudelta ontelolaatan päästä.	Sauma avataan hydraulisen levittimen avulla. Purettujen ontelolaattojen kylkiin saumarautojen alueella tarttunut valu puhdistetaan piikkauskoneella.	Onnettomuusraudoitus toimii tavanomaiseen tapaan, joten sen kestävydestä on riittävä varmuus.	Puhdistus aiheuttaa käsityötä irrotusvaiheen jälkeen.	Phoenix contact BV Zevenaar (BouwTo- taal, 2023)
VE2	Juotosvalun tartuntaa heikennetään kauttaaltaan. Ontelolaatat sidotaan kantaviin rakenteisiin laatan päissä koko laatan pituudelta jatkuvilla saumaraudoilla.	Sauma avataan hydraulisen levittimen avulla. Saumarauta ja juotosvalu irrotetaan laatan poistamisen jälkeen. Todennäköisesti ei vaadi merkittävää puhdistamista uudelleenkäyttöä varten.	Ratkaisu on asentamisen ja irrottamisen näkökulmasta kustannustehokas.	Riski, että sortumatilanteen muodonmuutosten seurauksena tartunnaltaan heikennetty saumavalu menee sijoiltaan ja laatta putoaa. Edellyttää lisätutkimusta.	Circle House demonstra- tion (GXN Innovation ym., 2018)
VE3	Juotosvalun tartuntaa heikennetään kauttaaltaan. Ontelolaatan kylkeen lisätään painaumia kitkan parantamiseksi. Päät sidotaan tavanomaisilla saumaraudoilla.	Sauma avataan hydraulisen levittimen avulla. Todennäköisesti ei vaadi merkittävää puhdistamista uudelleenkäyttöä varten.	Kohtuuhintainen ratkaisu. Valukoneiden valmistajien valikoimissa on lisäosa, jolla painaumia tehdään ontelolaattojen kylkeen.	Riski, että sortumatilanteen muodonmuutosten seurauksena tartunnaltaan heikennetty saumavalu menee sijoiltaan ja laatta putoaa. Edellyttää lisätutkimusta.	Eurokoodi 2, EN 1992, EN 1168
VE4	Juotosvalun tartuntaa heikennetään kauttaaltaan. Ontelolaatat sidotaan kantaviin rakenteisiin laatan päissä onteloihin valettujen raudotusjatkosten avulla.	Päädyn sidonta piikataan esiin ja avataan. Sauma avataan hydraulisen levittimen avulla. Todennäköisesti ei vaadi merkittävää puhdistamista uudelleenkäyttöä varten.	Ratkaisu on rakenneteknisestä näkökulmasta varma.	Päädyn sidontojen asentaminen ja irrottaminen aiheuttaa käsityötä. Onteloihin valetun sidonnan toleranssi on suppea, mikä voi haitata laatan uudelleenkäyttöä muissa käyttökohteissa.	Temporary Courthouse Amsterdam (Cepezed, ei pvm.)
VE5	Juotosvalun lujuutta heikennetään. Saumaraudan tartuntaa juotosvaluun parannetaan kiinnittämällä siihen ankkuri.	Sauma avataan hydraulisen levittimen avulla. Ontelolaatan sivuprofiiliin kiinni jäänyt juotosvalu irrotetaan piikkaamalla.	Ratkaisu on asentamisvaiheen näkökulmasta kustannustehokas.	Ontelolaattojen kylkien puhdistaminen aiheuttaa lisäkustannuksia irrotusvaiheessa.	Principede- tails Remontabel Bouwen. (Consolis VBI, 2025)

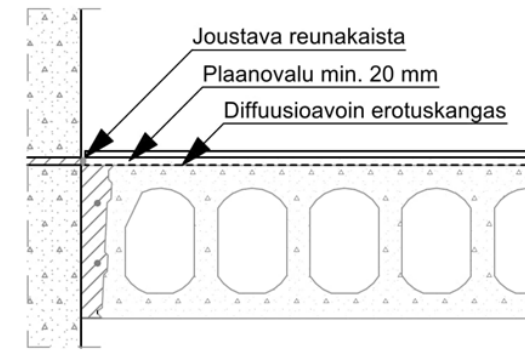
5.2.2 Saavutettavuus

Saavutettavuus viittaa siihen, että irrotettavat rakenteet tai tekniset järjestelmät sekä niiden liitokset on helppo saada näkyville. Nykyisessä rakentamisessa pyritään tietoisesti peittämään liitoksia ja saumoja sekä tasoittamaan pintoja esimerkiksi estetiikkaan ja hygieniaan liittyvien tavoitteiden vuoksi. DfD:n näkökulmasta tässä on haittana, että lu- jasti rakenteisiin kiinnitettyjen tai painavien pintarakenteiden poistaminen vaatii nykyi- sellä rakennustekniikalla toteutettuna huomattavan määrän käsityötä, mikä kasvattaa ehjänä purkamisen ja uudelleenkäytön kustannuksia. Pintarakenteet ja pintakäsittelyt voivat vaikeuttaa liitosten löytämistä ja niihin käsiksi pääsyä. Tämä hidastaa irrotusta, minkä lisäksi vahingossa kiinni jääneet liitokset voivat muodostaa turvallisuusriskin ra- kenteita koneella nostettaessa. Näistä syistä DfD-rakennuksessa on tavoitteena tehdä rakennusosat ja talotekniset järjestelmät saavutettaviksi ja siten tehostaa järjestelmien purkamista, vaihtamista ja huoltoa sekä minimoida tässä yhteydessä jätteiden ja hukan määrä. Tässä mielessä saavutettavuuden periaate palvelee myös sisäisen joustavuuden ja säilyvyyden tavoitteita, esimerkiksi korjattavuuden osalta.

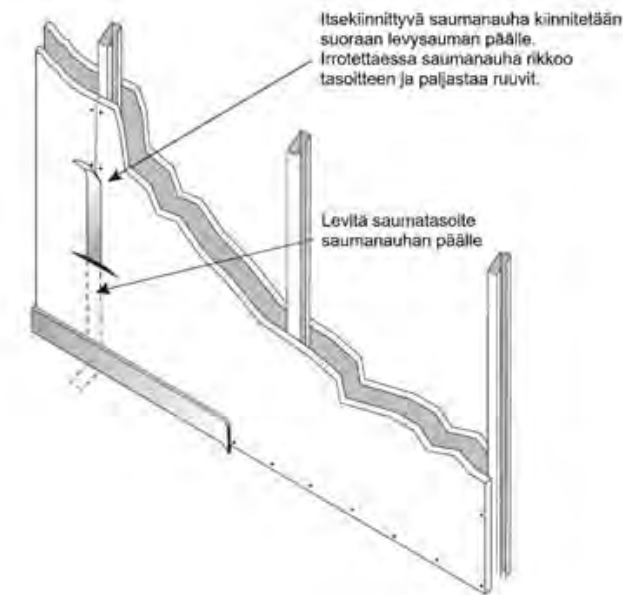
Saavutettavuuden varmistaminen edellyttää, että siihen kiinnitetään huomiota niin yleissuunnittelutasoisessa kuin yksityiskohtaisemmassa tilasuunnittelussa. Erityisesti talotekniikan saavutettavuus edellyttää, että viemäri- ja IV-kanavia ei sijoiteta rakenteiden sisään. Lisäksi LVI-nousuhormit on suositeltavaa sijoittaa paikkoihin, joissa yksi sivu on kevyt väliseinä. Sijoittaminen esimerkiksi vedeneristetyin seinän ja kantavan seinän väliin ei ole suositeltavaa. Saavutettavuuden näkökulmasta erityinen haaste ovat kylpyhuoneen lattiaan sijoitetut viemärit, jotka tyypillisesti valetaan lattiarakenteen sisään. Tähän on esitetty EKAT-hankkeen kuvitteellisen kerrostalon suunnitelmassa ratkaisu (kuva 110).

Ensisijaisesti saavutettavuuden näkökulmasta on suositeltavaa välttää pintakäsittely- kerroksia. Esimerkiksi sijoittamalla näkyville jäävät kiinnikkeet tai ruuvit harkitusti voidaan päästä esteettisesti tyydyttävään ratkaisuun. Koska saavutettavuus edellyttää käytännössä irrotettavia ja mahdollisesti uudelleenkäytettäviä pintaverhouksia, periaate on osittain päällekkäinen riippumattomuuden periaatteen kanssa. Esimerkiksi julkisivu- rakenteisiin on markkinoilla saatavilla mekaanisesti kiinnitettäviä tuulettuvia järjestelmiä, kun taas betoniin muuratut tai valetut ulkoverhoukset voivat heikentää seinärakenteen liitoksien saavutettavuutta.

Sisärakentamisessa saavutettavuuden periaatetta tukevat esimerkiksi lukkopontilla varustetut lattia- ja seinäverhoukset, joiden kiinnittämiseen ei tarvita liimaa tai erillisiä kiinnikkeitä. Käytännössä pintakäsittelyn välttäminen ei aina ole mahdollista, jolloin verhousten irrotettavuutta pyritään parantamaan muulla tavoin. Esimerkiksi betoniele- menttilaatan liitosten ja saumojen esiin saamista on mahdollista helpottaa toteuttamalla lattian tasoitusvalu kelluvana (kuva 31). Itsekiinnittyvän lasikuituisen saumanauhan käyttö kipsilevyseinän tasoituskerroksen alla parantaa kiinnitysruuvien saavutettavuutta, sillä ruuvit paljastuvat, kun saumanauha revitään irti (kuva 32) (JUUNOO, 2023). Vähäisetkin muutokset rakennustavassa voivat siis parantaa kiinnikkeiden saavutettavuutta.



Kuva 31. Ala- ja välipohjalaattojen liitosten saavutettavuutta on mahdollista parantaa toteutamalla lattian tasoitusvalu kelluvana. Kuva: Tuomo Joensuu.



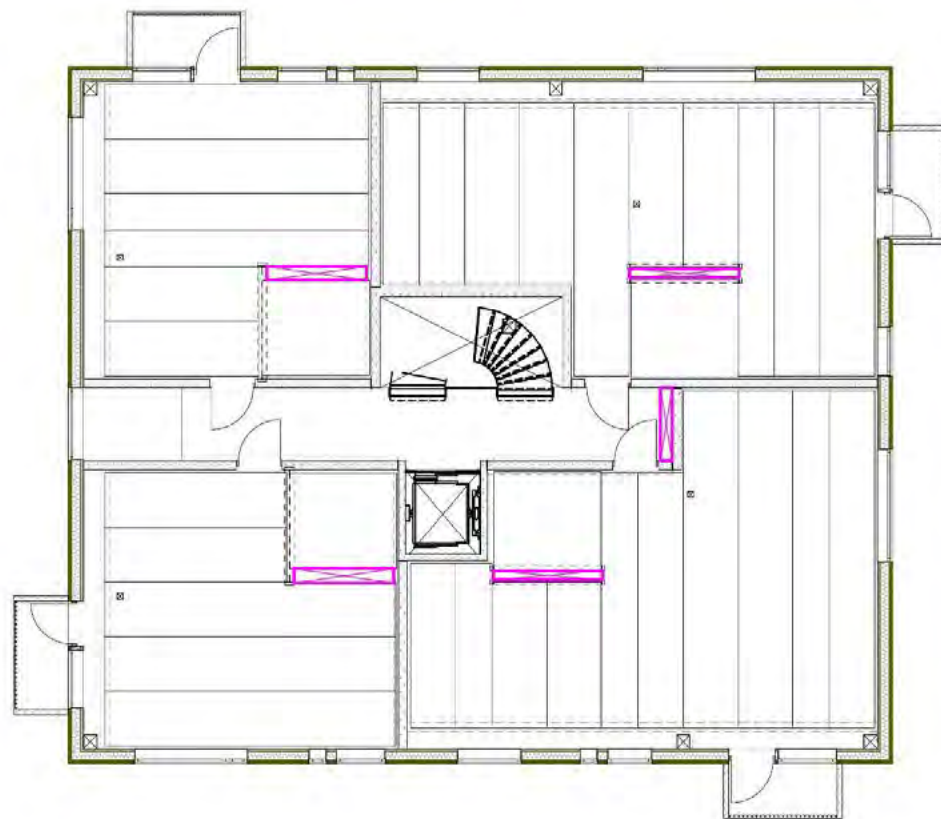
Kuva 32. Kevyiden kipsilevyrakenteiden väliseinien irrotettavuutta ja kiinnikkeiden saavutettavuutta on mahdollista parantaa käyttämällä itsekiinnittyvää saumanauhaa (JUUNOO, 2023). Kuva: Tuomo Joensuu.

5.2.3 Yksinkertaisuus

Yksinkertaisuus viittaa rakennusjärjestelmään, jonka ominaisuuksia ovat suoraviivaisuus, helppo ymmärrettävyys ja kyky täyttää suorituskysymykset mahdollisimman vähäl- lä räätälöinnillä. Nykyisissä betonielementtitekniikalla toteutetuissa asuinke- rostaloissa uudelleenkäyttöä vaikeuttaa se, että esimerkiksi talotekniikan läpiviennit, kylpyhuoneiden lattiarakenteet, ulkoseinien sidonnat ja eripaksuisten laattojen tukeminen edellyttävät usein yksilöllisiä, räätälöityjä tai paikalla valettuja seinä- ja välipohjarakenteita. Räätälöi- dyille rakenteille on todennäköisesti hyvin vaikea löytää seuraavaa käyttötarkoitusta, jos rakennuksen käyttö päättyy. Yksilöllisten ja monimutkaisten rakenteiden valmistaminen,

asentaminen, irrottaminen ja uudelleenasetaminen on myös työlästä, ja siihen sisältyy riski inhimillisistä virheistä johtuviin vahinkoihin. Näistä syistä DfD-rakennusten suunnittelussa on tavoitteena yksinkertaistaa komponentteja ja siten parantaa käytettyjen komponenttien laatua ja houkuttelevuutta sekä pienentää riskiä vikaantumiseen irrottamisen ja muiden käyttövaiheiden yhteydessä.

Käytännössä räätälöintiä pyritään DfD-rakennuksissa ehkäisemään välttämällä yleissuunnittelussa tilanteita, joissa runkoelementtejä täytyy lävistää esimerkiksi talotekniikan vuoksi. Tämä on mahdollista, kun keskitetään pystysuuntaisia talotekniikan kanavia esimerkiksi ontelolaattojen päätyjen alueelle tai erikoisrakenteisen kylpyhuonemuodulin yhteyteen (kuva 33). Samoin kantavien seinien lävistämistä talotekniikalla on mahdollista vähentää keskittämällä pystysuuntaiset talotekniikkakanavat siten että ne palvelevat päällekkäisiä asuntoja. Toisaalta myös riippumattomuuden näkökulmasta perusteltu kevytrakenteisen ulkoseinän käyttö vähentää komponenttien räätälöintiä, sillä sen kiinnitykset voivat olla kevyemmät eikä ontelolaatan kyljen rikkomista edellyttäviä valuun ja raudoitukseen perustuvia liitoksia tarvita. Rakenteiden räätälöintiä voidaan vähentää myös silloin, kun ulokeparvekkeiden paikallavaluja ja litistettyihin ontelolaattoihin perustuvia kylpyhuoneratkaisuja korvataan vaihtoehtoisilla toteutustavoilla.



Kuva 33. Ontelolaattojen räätälöintiä on mahdollista välttää keskittämällä talotekniikan nousuhormien läpivientejä (Joensuu & Saari, 2025).

Rakennusjärjestelmää pyritään käytännössä yksinkertaistamaan suunnittelemalla komponentit siten, että ne täyttävät suorituskysymykset minimaalisella määrällä erilaisia liitoksia, materiaaleja, komponentteja, muotoja, työkaluja ja käytäntöjä. Tärkein yleissuunnittelutason toimenpide on johdonmukainen mitoitusperiaate. Sitä sovellettaessa rakennuksen kokoamisessa on mahdollista hyödyntää toistettavista moduuleista koostuvaa rakennusjärjestelmää, jossa rakenteeseen ei muodostu uusia työvaiheita edellyttäviä epäjatkuvuuskohtia. Lisäksi nykyisessä betonielementtirakennusten toteutustavassa, jossa ontelolaatat tuetaan kantavien seinien päälle, laattojen paksuusvaihtelu tuottavat vaihtelevia ja yksilöllisiä muotoja kantavien seinien yläosaan. Tämä on mahdollista välttää tukemalla ontelolaatat kantavan seinään kylkeen toteutetun tuen varaan, jolloin on mahdollista välttää myös yläpuolisen rakenteen aiheuttamalta kuormitukselta, joka edellyttää valutulppien käyttöä ontelolaattojen päissä (ks. kuva 30).

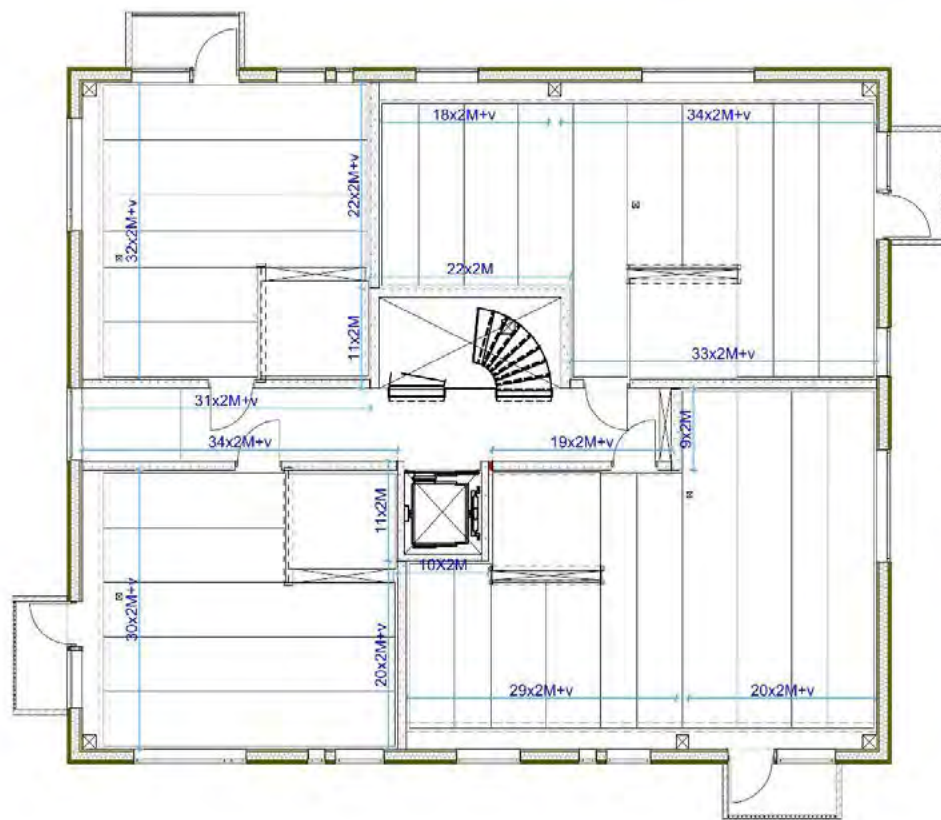
5.2.4 Standardoidut liitos- ja mitoitusperiaatteet

Standardointi viittaa yhteisön muodostamaan normiin toimintatavoista. Purettavaksi suunnittelun näkökulmasta olennaisimmat uudelleen käyttöä tukevat standardoitavat osa-alueet ovat liitos- ja mitoitusperiaatteet. Tällä hetkellä suomalaiset ammattirakentajat eivät ole laajasti sitoutuneet standardoituun mittajärjestelmään, joten rakenteellisia komponentteja suunnitellaan ja valmistetaan sentin tai jopa millimetrin tarkkuudella. Tämän myötä esivalmistetut rakenteet ovat yksilöllisiä, jolloin niitä on mahdollista käyttää sellaisenaan ainoastaan tietyssä kohdassa alkuperäisen rakennuksen muotoista rakennetta. Ilman standardia eri lähteistä saatavat rakenteet eivät ole uudelleenkäyttövaiheessa yhteensopivia keskenään, mikä vähentää niiden kysyntää merkittävästi. Tämä voi muodostua uudelleenkäytön esteeksi tai aiheuttaa räätälöintiä ja lisätä siten kustannuksia. Purettaviksi suunnitelluissa rakenteissa käytetään myös yhä enemmän elementtiin kiinteästi asennettavia liitoskomponentteja, jotka eivät kuitenkaan ole yhteensopivia keskenään, ellei yhteensopivuutta tukevista periaatteista ole sovittu valmistajien kesken.

Purettavaksi suunnittelun rakennusjärjestelmän standardisoinnissa yksi tärkeimmistä tavoitteista on siis edistää esivalmistusta ja eri valmistajien komponenttien välistä yhteensopivuutta sekä parantaa sen myötä komponenttien kysyntää uudelleenkäyttövaiheessa. Toisaalta standardisointi lisää yhteensopivien komponenttien ja varaosien saatavuutta uudelleenkäyttövaiheessa ja parantaa siten järjestelmän toimintavarmuutta käyttäjän näkökulmasta. Liitos- ja mitoitusperiaatteiden standardointi parantaa myös sarjatuotannon edellytyksiä esivalmistuksessa.

Käytännössä mitoitus- ja liitosstandardi luodaan yhteistyössä saman rakenneratkaisun valmistajien kesken. Järjestelmän käyttäjiä ovat esimerkiksi suunnittelijat, rakennuttajat ja urakoitsijat, ja heidänkin näkökulmansa on tarpeen huomioida kehitystyössä. Rakennusjärjestelmän standardisoinnissa sovitaan ja vakioidaan mittajärjestelmän periaatteet. Mittajärjestelmän lähtökohdaksi voidaan ottaa esimerkiksi ISO 8560 -standardin ehdottama moduuliverkko, jossa 100 mm:n perusmoduuli on 1 M. Esimerkiksi ontelolaattakenttä

voisi laajentua 2 M:n tai 3 M:n jaksoissa. Tällöin tavanomaisten 1 200 mm leveiden ontelolaattojen lisäksi tarvittaisiin kapeampia laattoja, joita yhdistelemällä voitaisiin päästä haluttuun leveyteen. Kun ontelolaatat ovat moduulimittaisia, niiden asennuksen vaatima tila on huomioitava myös muiden rakenteiden suunnittelussa epäjatkuvuuskohtien välttämiseksi (kuva 34). Rakennejärjestelmän mitoitusstandardi suunnitellaan avoimeksi ja joustavaksi erilaisille tila- ja rakenneratkaisuille, jolloin se säilyy johdonmukaisena esimerkiksi käännettäessä ontelolaatan suunta tai korvattaessa kantava seinä pilari-palkki-rakenteella. Johdonmukainen mittajärjestelmä tukee yksinkertaisuuden tavoitetta, sillä se auttaa välttämään epäjatkuvuuskohtia ja räätälöintiä.



Kuva 34. Rakenteiden mitoitusstandardi voi perustua esimerkiksi laajentumiseen 200 mm:n jaksoissa. Osana kokonaisuutta huomioidaan asennusvarat ja liitosten vaatima tila. Mitoitusperiaatte suunnitellaan siten, että ontelolaattakentän suuntaa voidaan tarvittaessa vaihtaa tai kantava seinä, joka ei toimi jäykistävänä elementtinä, voidaan korvata pilari-palkkirakenteella. (Joensuu & Saari, 2025.)

Liitostekniikan standardoinnin osalta uudelleenkäytettävien liitosten kehittäminen on kesken. Aiemmissa kokeiluissa on ehdotettu, että betonielementtirakennusten nopea purkaminen ja uudelleenasettaminen mahdollistettaisiin osittain myös elementteihin kiinteästi asennettujen pulttiliitoskomponenttien avulla. Näitä ovat esimerkiksi seinien tai pilarien pulttiliitokset ja seinän kylkeen asennetut ontelolaattojen kannattimet. Useimmiten näiden modifioiminen ei ole jälkikäteen mahdollista. ISO 20887 -standardin tavoite järjestelmän avoimuudesta rakenteellisille vaihtoehdoille merkitsee myös, että kiinteästi asennetut komponentit rajoittavat elementin käyttötarkoituksia mahdollisimman vähän. Tällaisten elementtien yhteensopivuus edellyttää, että liitoskomponenttien rajapintojen toimintaperiaate, liitoskohdat ja rakennetekniset vaatimukset standardoidaan. Lisäksi liitosten ja saumavarojen eri asennustilanteissa vaatima tila heijastuu mitoitusstandardin toimintaperiaatteeseen. Tämän vuoksi purettavaksi suunnitellun rakennusjärjestelmän liitostekniikkaa täytyy kehittää yritysten sisäisen tutkimus- ja kehitystyön lisäksi yhteistyössä johtavien valmistajien ja käyttäjien kesken. Eri valmistajien elementtien yhteensopivuutta tukevan liitosstandardin puuttuminen rajoittaa käytettyjen komponenttien kysyntää. Tämän vuoksi liian yksilöllisten komponenttien määrittely uudelleenkäytettäviksi voidaan kyseenalaistaa.

5.2.5 Käsittelyn mahdollistaminen

Käsittelyn mahdollistaminen viittaa suunnitteluratkaisuihin, joilla tuetaan tehokasta logistista prosessia uudelleenkäyttövaiheessa. Logistisen prosessin sujuvuuden huomioiminen on olennaista, koska esivalmistetuilla rakennusosilla on tyypillisesti huomattava massa ja pituus, joten niitä käsitellään nostureilla. Uudelleenkäytettävien osien lastaus, kuljetus, purku ja mahdollinen välivarastointi voivat siksi muodostaa merkittävän osan uudelleenkäytön kustannuksista. Lisäksi nykyisten rakennusten ehjänä purkamisessa tarvitaan erikoisvalmisteisia nostoelimiä, joiden kiinnittäminen edellyttää elementtien modifiointia käsityönä. Jos esivalmistettujen rakennusosien suunnittelussa ei kiinnitetä huomiota mittoihin ja painoon, niiden kuljettaminen ja varastointi uudelleenkäyttövaiheessa ei ole mahdollista tyypillisillä ja kustannustehokkailla työkoneilla ja menetelmillä, vaan tarvitaan erikoiskuljetusta tai -laitteistoa. Käsittelyn mahdollistamisen näkökulmasta tavoitteena on siksi varmistaa, että logistiset rajoitteet eivät tarpeettomasti vaikeuta uudelleenkäyttöä.

Käytännössä käsittelyn mahdollistaminen vaikuttaa elementtijaon suunnitteluun. Komponenttien koko ja paino suunnitellaan siten, että niitä voidaan käsitellä saatavilla olevilla menetelmillä. Betonielementtien taloudellisen nosto- ja kuljetusprosessin näkökulmasta suositeltava massa on noin 12 tonnia, jolloin 3 metriä korkean kantavan väliseinäelementin sopiva pituus voisi olla enintään 8–9 metriä. Puurakenteisen seinäelementin enimmäispituutta rajoittaa ensisijaisesti tieliikennelain mahdollistama tavanomaisen perävaunun vetopituus, joka on tällä hetkellä enintään 16 metriä. Rakennesuunnittelussa on myös huomioitava, että elementit ovat riittävän jäykkiä ja kestävät nostamisen niille suunnitelluista kohdista.



Kuva 35. Elementtiin integroitu sisäkierrenostoankkuri, jonka kierre voidaan suojata asentamisen yhteydessä ja avata uudelleen irrotettaessa (Peikko, ei pvm.).

Yksityiskohtaisemmalla tasolla käsittelyn mahdollistaminen tarkoittaa, että elementteihin suunnitellaan uudelleenkäytettävät nostoelimet (kuva 35). Jo tällä hetkellä markkinoilla on tarjolla laaja valikoima valmistusvaiheessa betonielementteihin valettavia kuula-ankkureita tai sisäkierteellisiä nostoankkureita. Uudelleenkäytön kannalta on olennaista, että elementteihin asennetut nostoelimet ovat löydettävissä, ovat säilyttäneet käyttökelpoisuutensa ja ovat vaivatta käyttöön otettavissa. Käytännössä nostoankkureiden täyttyminen juotosbetonilla tai tasoitemassalla täytyy estää suojaamalla ne asennusvaiheessa.

5.2.6 Turvallisuus

Rakennetekniikan alan tutkijat ovat kiinnittäneet huomiota rakennusosien uudelleenkäytön turvallisuuden varmistamiseen (Tähtinen, toim., 2025). Uudelleenkäyttöön liittyviä riskejä ovat esimerkiksi se, että komponentit menettävät suorituskykynsä käytön tai purkamisen yhteydessä, tai se, että ne muuttuvat rakennuksen käyttäjille haitallisiksi. Lisäksi rakennuksen purkamiseen sisältyy romahdusvaara ja muita työmaajärjestelyistä, komponenttien kestävydestä tai liitostekniikasta juontuvia turvallisuusriskejä. Tämän vuoksi on keskeistä varmistaa uudelleen asennettujen rakennusosien terveellisyys ja kestävyys käyttäjille sekä minimoida työntekijöiden turvallisuusriskit uudelleenkäytettäviä rakennusosia irrotettaessa ja uudelleen asennettaessa.

Ensisijaiset tavoitteet uudelleenkäytön turvallisuuden varmistamisessa liittyvät siitä huolehtimiseen, että uudelleenkäyttövaiheessa on saatavilla tietoa komponenttien ominaisuudesta ja turvallisesta käytöstä. Uudelleenkäytön turvallisuuden osalta tavoitetta tukee rakennukselle suunnitteluvaiheessa laadittu osiksi purkamisen suunnitelma, josta selviää turvallinen purkujärjestys, kalusto ja menetelmät (Mahmoudi Motahar ym., 2024). Rakennuksen käyttöturvallisuuden näkökulmasta tiedon saatavuus uudelleenkäyttövaiheessa varmistetaan rakennusmateriaalipassin avulla, johon tallennetaan yksilölliset käyttöturvallisuuden kannalta olennaiset tiedot. Rakennusmateriaalipassiin tallennettavia tietoja ovat muun muassa sijainti, mittatiedot, suunnitellut rakenne- ja materiaaltekniset ominaisuudet sekä käyttöhistoria (Uotila ym., 2024). Nämä tiedot sujuvoittavat käytetyn rakennusosan kelpoisuuden toteuttamista, mutta sen ohella myös uudelleenkäytön suunnittelua ja käytettyjen rakennusosien kauppaa.

Tietovaatimusten lisäksi myös DfD-suunnitteluperiaatteet tukevat omalta osaltaan turvallisuutta. Mahdollisimman saavutettavat, riippumattomat, yksinkertaiset ja käsittelyn kestävät komponentit luovat edellytykset hallitulle irrottamiselle, mikä pienentää inhimillisistä virheistä johtuvien vahinkojen riskiä. Erilaisten keskenään integroitujen materiaalien määrän minimointi ja pilaantuvien materiaalien välttäminen puolestaan vähentävät terveellisyteen liittyviä riskejä. Suunnitteluperiaatteiden yhteys uudelleenkäytön riskien vähentämiseen osoittaa, että turvallisuuden varmistaminen edellyttää kokonaisvaltaista otetta, jossa ratkaisut perustellaan useista näkökulmista.

5.2.7 Liiketoiminnan mahdollistaminen

Keskeinen purettavaksi suunnittelun arvolupaus on, että se parantaa rakennusosien uudelleenkäytön todennäköisyyttä rakennuksen käyttöänsä lopussa (Webster, 2007). Kirjallisuudessa kysynnän puute ja ehjänä purkamisen lisäkustannukset murskaavaan purkuun verrattuna on todettu keskeisimmiksi esteiksi rakennusosien uudelleenkäytön yleistymiselle (Densley Tingley ym., 2017). Tavanomaisten rakennusten uudelleenkäytössä huomattava osa rakenteista ei kelpaa uudelleenkäyttöön, jolloin osiksi purkamisen lisäkustannuksia on yhä vaikeampi kattaa kilpailukykyiseen hintaan myydyistä käytetyistä osista saatavilla tuotoilla. Heikomman kilpailukykyisyyden ja myyntikanavien puutteen vuoksi rakennusosille on vaikea synnyttää toimivat jälkimarkkinat. Tämä vaikeuttaa uuden käyttökohteen löytymistä ja pienentää lopulta rakennuksen osina purkamisen todennäköisyyttä. Tästä syystä purettavaksi suunnittelun keskeinen tavoite on varmistaa, että rakennuksen osiksi purkaminen ja rakennusosien uudelleenkäyttö on kilpailukykyinen vaihtoehto ja että käytettyjen osien markkinoiden kehittymiselle on tiedolliset ja tekniset edellytykset.

Käytännössä rakennuksen osiksi purkamisen ja rakennusosien uudelleenkäytön kannattavuus pyritään varmistamaan talouslaskelman avulla. Kannattavuuslaskelmassa vertaillaan osien irrottamisen ja uudelleenkäytön kustannuksia tavanomaiseen murskaavaan purkuun. Laskelmassa huomioidaan rakennuksen osiksi purkamisen kustannukset, osien myynnistä saatavat tuotot sekä muut kustannukset, kuten jätetaksat ja rakenteiden kelpoisuuden toteuttamisen kulut. Purkamisen kustannusarviossa lasketaan esimerkiksi rakennusosakohtaiset työ- ja materiaalienekit sekä työmaan keston perusteella arvioidut käyttö- ja yleiskustannukset, kuten nostotyöt ja työmaahallinto. (Harsunen ym., 2025.) Koska laskelma simuloi päätöksentekotilannetta käyttöänsä lopussa, kustannusten ja uudelleenkäytettävien komponenttien arvon määrittely perustuu nykyarvoihin. Laskelman vertailukelpoisuus edellyttää, että komponenttikohtaisten irrottamiskustannusten ja käytettyjen osien arvon määrittelyssä käytetään yhdenmukaisia periaatteita. Tällaisten periaatteiden kehittämiseksi tarvitaan jatkotutkimusta ja julkista keskustelua.

Käytettyjen komponenttien markkinoiden kehittymiselle pyritään käytännössä luomaan edellytykset varmistamalla niiden uudelleenkäytön suunnittelun ja markkinoinnin edellyttämien yksilöllisten tietojen saatavuus tulevaisuudessa sekä hyödyntämällä rakennusosien suunnittelussa yhteensopivuutta tukevaa standardia luvussa 5.2.4 esitetyn periaatteen

mukaisesti. Kirjallisuudessa on ehdotettu, että käytettyjen rakenteiden suunnittelun ja markkinoinnin tietojen tallentamiseen hyödynnettäisiin rakennusmateriaalipassia, joka sisältää myös käyttöturvallisuuteen liittyviä tietoja. Rakennusmateriaalipassien tietojen saatavuus voitaisiin varmistaa tallentamalla ne luotettavaan tietokantaan, jota olisi mahdollista hyödyntää myös käytettyjen rakennusosien markkinapaikkojen luomisessa. Koneluettavassa muodossa tallennettujen tietojen avulla on mahdollista sujuvoittaa käytettyjen rakennusosien logistiikkaa ja välttää välivarastointia. (Uotila ym., 2024.)

5.3 Purettavaksi suunnittelun arviointi hankkeessa

Yksi keskeisistä hidasteista DfD:n käyttöönotolle on, että siihen liittyviä ympäristöhyötyjä ei ole tunnistettu. Suomessa ja Euroopassa käytettävät elinkaarilaskentamenetelmät eivät hyväksy käytön lopussa tapahtuvan uudelleen käytön ympäristöhyötyjen arvioimista yhteismitallisesti rakentamisvaiheen vähähiilisten ratkaisujen kanssa (SFS-EN 15978:2011; Ympäristöministeriö, 2019). Tiedekirjallisuudessa on kuitenkin käynnissä keskustelu DfD-osien käyttöön kannustavasta menetelmästä (De Wolf ym., 2020; Eberhardt ym., 2019a; Joensuu ym., 2022). Elinkaarilaskennan kehittäminen tältä osin on tarpeellista, sillä sääntelyn kontekstissa purettavaksi suunnitteluun kannustaminen esimerkiksi hiilikädenjäljen perusteella yhteismitallistaisi käyttöiän loppuun ajoittuvan uudelleen käytön elinkaaren aikaisten päästöjen kanssa väistämättä.

Nykyisen standardin suuntausta on perusteltu tulevaisuuden uudelleen käyttöön liittyvällä epävarmuudella (Eberhardt ym., 2019b). Toisaalta purettavaksi suunnittelu voidaan määritellä nimenomaan toimenpiteiksi, jotka lisäävät tehokkaasti rakennuksen osiksi purkamisen ja uudelleen käytön todennäköisyyttä (Webster, 2007). Purettavaksi suunnitteluun kannustaminen edellyttäisi siis sitä, että selkeästi suurempi rakennuksen uudelleen käytön todennäköisyys olisi todettavissa. Tähän tarvitaan mahdollisimman yksiselitteinen kriteeristö, jonka täytyessä osa tulevaisuuden uudelleen käytön ympäristöhyödyistä voitaisiin kohdistaa elinkaarenaikaisten päästöjen laskentaan tai jonka perusteella DfD-rakennusten käyttöönottoon voitaisiin kannustaa muulla tavoin.

Suunnitteluperiaatteiden tavoin myös DfD-rakennusten kriteerit ovat kehittymässä. Tällä hetkellä ehdotetut kriteerit perustuvat pääosin subjektiiviseen arvioon tai yksittäisten asiantuntijoiden näkemykseen. ISO 20887:2020:n lisäosassa on tehty aloite suunnitteluohjeiden pohjalta muotoilluista suorituskyvyn mittareista, jotka tosin vaikuttavat alustavilta. ISO 20887:n arviointikriteeristö on suunnitteluohjeiden teemoja mukaillen laaja-alainen, mutta kriteerien täyttymistä arvioidaan subjektiivisesti, joko portaittaisella tai dikotomisella asteikolla. Viimeisimmässä tutkimuksessa on kehitetty ja kokeiltu pisteytysjärjestelmiä rakenteiden irrottamispotentiaalin arvioimista varten, ja nämä

pisteytysjärjestelmät voivat tarjota tietoa irrotettavuuteen vaikuttavista tekijöistä (Al-Obaidy ym., 2025; Ottenhaus ym., 2025). Myös näissä järjestelmissä pisteytys vaikuttaisi perustuvan mitatun tiedon sijasta subjektiiviseen arvioon, minkä vuoksi niiden pohjalta ei voi luotettavasti arvioida rakennuksen uudelleen käytön todennäköisyyttä elinkaaren lopussa. Kirjallisuudessa esitettyjen arviointimenetelmien pohjalta näyttäisi siltä, että luotettavan uudelleen käytettävyyden arvioinnin pohjaksi tarvitaan yhteys mitattuun tietoon sekä laajempaa ymmärrystä uudelleen käyttöön liittyvästä päätöksenteosta.

Aiemmasta tutkimuksesta on saatu viitteitä siitä, että rakennuksen osiksi purkamisen ja osien uudelleen käytön todennäköisyyden arvioinnissa täytyy ensisijaisesti eläytyä taloudelliseen päätöksentekoon käyttöiän lopussa. Todennäköisesti päätökseen rakennuksen osiksi purkamisesta vaikuttaa olennaisesti sen kokonaistaloudellisuus, joka muodostuu komponenttien ja liitosten irrottamisen henkilö- ja välinekustannusten lisäksi muun muassa työmaan yleiskustannuksista ja laitteistokustannuksista, kuten nosturijasta (Harsunen ym., 2025). Myös ISO 20887 -kriteeristö suosittelee arvioimaan DfD-järjestelmän liiketoimintapotentiaalia määrittelemällä uudelleen käytettävien komponenttien osuuden kokonaisarvosta sekä selvittämällä, onko rakenteella tai sen osalla sovellus, joka mahdollistaa taloudellisen uudelleen käytön ilman merkittävää uudelleen valmistamista. Näistä syistä uudelleen käytön liiketoiminnan mahdollistaminen nousee DfD-komponenttien ja -rakennusten määrittelyä ja arviointia kokoavaksi tavoitteeksi, jota ohjaavat ehjänä irrotettujen komponenttien kilpailukykyisyys ja niiden jälkimarkkinoiden toimivuus uudelleen käyttövaiheessa.

Purettavaksi suunnittelu: Arvioinnin lähtökohdat

Purettavaksi suunnittelun tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa rakennus siten, että sen osien uudelleenkäyttö on todennäköistä. Tämä edellyttää, että osiksi purkaminen ja uudelleenkäyttö on murskaavaan purkutapaan verrattuna taloudellisesti kilpailukykyinen vaihtoehto. Ainoastaan purettavaksi suunnittelun tekniset kriteerit täyttävä rakennus voi olla siirtokelpoinen tai osiensa osalta irrotettava.

Säädökset: Rakennus suunnitellaan elinkaariominaisuuksiltaan ekologiseksi: *”Erityisesti huomiota on kiinnitettävä -- rakennuksen ja sen tilojen, rakennusosien sekä teknisten järjestelmien -- uudelleenkäytettävyyteen --.”* (RakL 751/2023, 39 §.)

Standardi: Sustainability in buildings and civil engineering works — Design for disassembly and adaptability — Principles, requirements and guidance. (ISO 20887:2020.)

(○ Tavoite määritetty, □ Toteutettu)

Arvioinnin osa-alue	Arvioinnin keskeinen sisältö	Arviointitapa, dokumentointi
1. Riippumattomuus	○ □ Rakennusosassa on irrotettavat ja uudelleenkäytettävät liitokset.	□ Purettavaksi suunnittelu on määritelty rakennushankkeen tai sen osan tavoitteeksi. Dokumentti: Tarveselvitys-asiakirja
2. Saavutettavuus	○ □ Rakennusosan liitoksineen on saatavissa näkyville ja irrotettavissa rikkomatta uudelleenkäytettäviä rakennusosia.	□ Purettavaksi suunniteltujen rakennusosien teknisten ja tiedollisten kriteereiden täytyminen on todettu rakennusosakohtaisesti. Dokumentti: Rakennusosakohtainen uudelleenkäytettävyyden arviointilomake ja suunnitteludokumentit
3. Yksinkertaisuus	○ □ Rakennusosaan tehty rätälöinnit eivät heikennä sen käyttökelpoisuutta uudelleenkäytettäessä.	□ Turvallinen irrotusjärjestys ja menetelmät on kuvattu. Dokumentti: Osiksi purkamisen suunnitelma
4. Käsittelyn mahdollistaminen	○ □ Rakennusosan siirtäminen ja uudelleenasentaminen on mahdollista tyypillisin työkaluin ja laittein.	□ Uudelleenkäytön suunnittelussa, käytettyjen osien markkinoinnissa ja kelpoisuuden toteamisessa tarvittavat tiedot on tallennettu. Dokumentti: Myöhemmin määriteltävä uudelleenkäytössä tarvittavien tietojen tallentamiseen käytettävä järjestelmä
5. Standardoidut liitos- ja mitoitusperiaatteet	○ □ Rakennusosa on osa johtavien toimijoiden käyttöön ottamaa monikäyttöistä ja yhteensopivaa rakennusjärjestelmää, jota koskee mitoitus- ja liitostandardi.	□ Uudelleenkäytön kilpailukykyisyys on osoitettu laskelmalla, jossa huomioidaan käytettyjen rakennusosien arvo ja osiksi purkamisen kustannukset. Osiksi purkamisen kustannusten arvioinnin lähtötiedoksi DfD-rakennusjärjestelmän toimittaja hankkii käyttäjälle puolueettomassa irrotuskokeessa tuotetut irrottamisen ja puhdistamisen työ- ja materiaalimenekit. Uudelleenkäytettävien komponenttien markkina-arvon määrittelyn pohjana käytetään julkista ja puolueettomasti tuotettua arviota. Dokumentti: Uudelleenkäytön kilpailukykyisyyden selvitys
6. Turvallisuus	○ □ Rakennusosa ja sen liitokset kestävät irrottamisen ja siirtämisen sekä pitkäaikaisen käytön. ○ □ Rakennusjärjestelmästä on saatavilla osiksi purkamisen suunnitelma, josta selviää turvallinen purkujärjestys, työmenetelmät ja purkamisessa käytettävä kalusto. ○ □ Rakennusosan käyttöohjeet, käyttöolosuhteet ja muutokset sekä kelpoisuuden toteamisessa, markkinoinnissa ja käytössä tarvittavat tiedot on tallennettu pysyvästi, päivitettävään ja saavutettavaan tietokantaan.	
7. Liiketoiminnan mahdollistaminen	• Jos rakennusosan irrottaminen vaikuttaa koko purkutyömaahan, rakennusosien uudelleenkäytön kilpailukykyisyys suhteessa tavanomaiseen purkamiseen selvitetään nykyarvoilla. Laskelmassa huomioidaan purkamisen ja kustannukset sekä markkinoille vapautuvien materiaalien ja rakennusosien arvo. • Purkukustannuksiksi lasketaan rakennusosien irrottamiskustannukset, työmaan käyttö ja yhteiskustannukset, jättekustannukset ja uudelleenkäyttöön valmistelu. • Uudelleenkäytettävien elementtien jälleenmyyntiarvo selvitetään julkisen ja puolueettomasti tuotetun datan perusteella. Uudelleenkäytettäväksi määritellään rakennusosat, jotka täyttävät purettavaksi suunnittelun tekniset ja tiedolliset kriteerit.	

Kuva 36. Purettavaksi suunnittelu: kooste arvioinnista rakennushankkeissa.



6

Elinkaariominaisuudet alan toimijoiden näkökulmasta

Sini Saarimaa, Anne Tervo

6.1 Vastaajat ja kiinteistökanta vastauksien taustalla

Tässä luvussa käsitellään vuokra- ja asumisoikeustalojen omistajien edustajien käsityksiä ja näkemyksiä elinkaariominaisuuksista ja niiden tarpeesta. Tulokset perustuvat luvussa 2.3 kuvattuun, EKAT-hankkeessa toteutettuun kyselyyn. Kyselyn vastaajat (23) jakaantuivat työnkuvansa perusteella melko tasaisesti. Yleisimmin he toimivat kiinteistön ylläpidossa (n = 11) tai hanke-/kiinteistökehityksen, rakennuttamisen tai johtamisen parissa (n = 8–9). Suurin osa 23 vastaajasta oli toiminut kiinteistö- ja rakentamisaikana 5–12 vuotta (70 %). Seitsemän vastaajaa oli toiminut alalla yli 20 vuotta.

Taustakysymyksissä kartoitettiin myös vastaajan vastualueen kiinteistökannan ominaisuuksia (rakennusten joukko) sekä keskimääräistä rakennusta, ja kysymyksiin ohjeistettiin vastaamaan näiden pohjalta. Vaikka vastaajamäärä oli suhteellisen pieni, aineisto edustaa kiinteistökannan perusteella monipuolisesti vuokra- ja asumisoikeusasumiseen liittyviä organisaatioita. Vastaajien vastuulla olevassa kiinteistökannassa olevien kiinteistöjen lukumäärä oli 9–700 mediaanin ollessa 60 kiinteistöä ja keskiarvon noin 105 kiinteistöä. Kiinteistökantaan kuuluvien rakennusten ikä oli 7–55 vuotta, mediaani 30 vuotta ja keskiarvo noin 29 vuotta. Noin puolet kiinteistökannasta sijaitsi pääosin pääkaupunkiseudulla ja muualla Etelä-Suomessa, puolet melko tasaisesti Itä-, Etelä- ja Länsi-Suomessa.

Keskimääräisestä rakennuksesta annetuissa tiedoissa oli jonkin verran vaihtelua. Ainostaan 12 vastaajaa antoi kaikki pyydetyt tiedot: bruttoala, kerrosluku, huoneistojen määrä, rakenne, rakennusvuosi ja mahdolliset peruskorjaukset. Keskimääräisen rakennuksen määrittäminen oli haastavaa. Ne vastaajat, jotka pystyivät määrittämään vastuullaan olevasta kiinteistökannasta keskimääräisen rakennuksen, kertoivat, että sen koko on 697–5 300 brm², kerrosluku 1–7, huoneistojen määrä 10–70 ja rakennusvuosi 1968–2021. Keskimääräisen rakennuksen voidaan annettujen tietojen perusteella tulkita olevan kolmikerroksinen betonirunkoinen asuinrakennus, jonka rakennusvuosi sijoittuu 1990-luvulle.

6.2 Koetut ja todetut korjaus- ja muutostarpeet rakennuksessa

6.2.1 Säilyvyyden tarpeet

Keskimääräisessä rakennuksessa tapahtui vastaajien mukaan vesivahinkoja tyypillisimmin kerran vuodessa tai useammin (n = 14) tai 1–5 vuoden välein (n = 6). Yleisimmäksi syyksi nimettiin putkirikko tai -vuoto (n = 15). Aukkaan huolimattomuus mainittiin vesivahingon syyksi viidessä vastauksessa ja laitteen tai kodinkoneen vikaantuminen kol-

messa vastauksessa. Yleisimmin yksittäiset vesivahingot olivat aiheuttaneet vahinkoa ainoastaan yhteen asuntoon ja keskimäärin 1,5 asuntoon. Talotekniikan korjausten ja linjasaneerausten sujuvuuteen vaikuttaneista tekijöistä useimmin mainittiin asumiskäytön estyminen (n = 10). Rakenteiden purkamiseen liittyvät haasteet nimettiin seitsemässä vastauksessa ja talotekniikan huono saavutettavuus kuudessa vastauksessa. Muok- si näiden korjausten sujuvuuteen vaikuttaneeksi tekijäksi mainittiin rahoitus (n = 3).

Vesivahinko on selvästi yleisin ennakoimattomia korjaustarpeita aiheuttava tekijä nimetyssä kiinteistökannassa (n = 20). Toisella sijalla tulevat taloteknisten järjestelmien ennen aikainen vikaantuminen ja pintarakenteiden kulumiseen liittyvät korjaukset, joista molemmista oli 12 mainintaa. Talorakenteiden ennen aikainen vikaantuminen, ulkovaipparakenteiden kosteusvauriot ja poikkeuksellisiin sääolosuhteisiin liittyvät vauriot ja vuodot nimettiin 4–6 vastauksessa. Ennakoimattomia korjaustarpeita ilmeni useimmiten kerran vuodessa tai useammin (n = 11), 1–5 vuoden välein (n = 7) ja 5–10 vuoden välein (n = 4).

Vesivahinkojen korostuminen kyselytuloksissa saattaa selittyä vastaajien taustalla (yleisimmin vastaajat toimivat kiinteistön ylläpidossa) sekä heidän hallinnoimansa rakennuskannan iällä. Tyypillisesti esimerkiksi laitteistoperäisten vesivahinkojen määrä kasvaa rakennuksen tai sen taloteknisten järjestelmien elinkaaren loppupuolella. Koska vesivahingon laatua tai laajuutta ei ollut kyselyssä tarkemmin määritelty, kyse voi myös olla hyvin pienistä ja merkityksettömistä vesivahingoista (esim. keittiöön vuotaa vettä, ja kaapiston sokkelilevy vaihdetaan). Finanssiala ry:n uusimpien tilastojen mukaan vuonna 2023 tapahtui yhteensä noin 32 000 vuotovahinkoa ja yhteenlaskettujen vahinkokorvausten arvo oli noin 163 miljoonaa euroa.

6.2.2 Joustavuuden tarpeet

Tyypillisimmin muunneltavuuden osa-alueeseen liittyviä huoneistojakauman muutoksia (ks. luku 4.3.6, esim. yksiöiden yhdistäminen kaksioiksi tai liittäminen suurempaan asuntoon) arvioitiin tapahtuvan kerran 50 vuodessa suurten peruskorjausten yhteydessä (n = 10). Toiseksi yleisin vastaus oli kerran 20 vuodessa markkinatilanteen muuttuessa (n = 8).

”Lähinnä muutoksemme ovat olleet isojen kaksioiden tai kolmioiden muuttamiset siten, että on saatu 1 mh tai alkovi lisää.”

”Tähän vaikuttaa monet tekijät, mutta viimeisimpänä esim. Kelan asumistuen kiristyminen ajoi monet hakemaan pienempiä asuntoja, mitä meillä on nyt asuntokannassa, ja tarpeen olisi ollut muunneltavat asunnot.”

Myös muunneltavuuden osa-alueeseen liittyviä huoneiston sisäisen tilajärjestyksen muutoksia (ks. luku 4.3.4, esim. suljetun keittiön avaaminen avokeittiöiksi tai kahden huoneen huoneiston muuntaminen kolmen huoneen huoneistoksi) arvioitiin tapahtuvan tyypillisimmin kerran 50 vuodessa (n = 10) tai kerran 20 vuodessa (n = 6). Vastauksista kävi ilmi, että moni olemassa oleva asunto on lähtökohtaisesti melko joustamaton, minkä vuoksi huoneiston sisäisen tilajärjestyksen muutoksia oli vastaajien myös vaikea arvioida.

”Pienessä asunnossa ei juuri voi muutoksia tehdä.”

Monikäyttöisyyden osa-alueeseen liittyvä kalustettavuuden muutostarpeiden (ks. luku 4.3.1) sykli poikkesi huoneistojakauman ja huoneiston sisäisen tilajärjestyksen muutoksista, ja kymmenen vastaajaa arvioi kalustettavuuden muutostarpeita ilmenevän verrattain usein, kerran viidessä vuodessa. Kerran 20 ja kerran 50 vuodessa saivat molemmat seitsemän vastausta. Toisaalta vastaukset osoittivat, ettei kalustuksessa tapahtuvia muutoksia oltu juuri mietitty, koska kalustus ei useinkaan sisällynyt toimijoiden tarjoamaan palveluun.

”Meillä ei ole kalustettuja asuntoja, asukkaat itse kalustaa.”

6.3 Elinkaariominaisuuksien tavoittelu

6.3.1 Säilyvyyden tavoittelu

Kiinteistökannan säilyvyyden osa-alueita käsiteltiin seitsemän vastausvaihtoehdon avulla: (1) ympäristön ja käytön aiheuttamien rasitustekijöiden tunnistaminen, (2) vikaantumisen ennakointi, (3) vikasietoisuus, (4) kulutuksenkestävyys, (5) kunnossapidettävyyys, (6) korjattavuus sekä (7) laatu ja laadunvarmistus (ks. luku 3). Vastaajia pyydettiin valitsemaan näistä osa-alueista ne, jotka ovat olleet vähäisellä huomiolla, mutta joita he haluaisivat kehittää ja toteuttaa laajemmin tulevaisuudessa. Eniten vastauksia sai vikaantumisen ennakointi (n = 8).

”Vikaantumisen ennakoiminen on ollut etenkin tekniikan osalta liian vähällä huomiolla, esimerkiksi yhdessä kohteessa ollaan siinä tilanteessa, että huoltojen epäsäännöllisyyden vuoksi ilmanvaihtokanavat ovat rasvoittuneet ja [ne] joudutaan uusimaan. Puhdistus ei enää auta.”

”Vikaantumisen ennakointia pitäisi kehittää. Liikaa mennään käyttöikätaulukoiden perusteella.”

Ympäristön ja käytön aiheuttamien rasisustekijöiden tunnistaminen, kulutuskestävyys, kunnossapidettävyys, korjattavuus ja laatu sekä laadunvarmistus valittiin 5–6 kertaa.

”Kohta 7 [laatu ja laadunvarmistus] on aiemmassa historiassa ollut haaste, jota on taklattu sittemmin strategian ja henkilöstön muutoksin. Kokonaisuus on kehittynyt merkittävästi viime vuosina.”

Jatkokysymyksessä tiedusteltiin vastaajan näkemyksiä säilyvyyden positiivisesta vaikutuksesta rakennuksen arvoon, ja jopa 15 vastauksessa 16:sta tunnistettiin tämä yhteys. Perusteluissa säilyvyyden todettiin toistuvasti vähentävän rakennuksen elinkaarenaikaisia ylläpito- ja kunnossapitokustannuksia sekä lisäävän näiden kiinteistöjen hallintaan liittyvien kustannusten ennakoitavuutta.

”Kyllä, helpompi raamiteltu budjetti ja tieto tulevasta vähentää ’odottamattomia kuluja’.”

Myös kiinteistöjen arvon säilyminen ja katkeamaton vuokratuotto olivat säilyvyyteen liitettyjä positiivisia tekijöitä.

6.3.2 Joustavuuden tavoittelu

Kiinteistökannan joustavuuden osa-alueita käsiteltiin seitsemän vastausvaihtoehdon avulla: (1) monipuolinen käyttö ja kalustettavuus, (2) käytön laajennettavuus ulos, (3) monikäyttökäytökalusteiden ja jako-osien muunneltavuus, (4) huoneiston muunneltavuus; ei muutoksia vesi- ja viemärijärjestelmiin, (5) huoneiston muunneltavuus; muutoksia vesi- ja viemärijärjestelmiin, (6) rakennuksen muunneltavuus; huoneistojen muutokset ja (7) rakennuksen laajennettavuus (ks. luku 4). Vastaajia pyydettiin valitsemaan osa-alueet, jotka ovat olleet heidän edustamiensa organisaatioiden kiinteistökannassa vähäisellä huomiolla, mutta joita he haluaisivat kehittää ja toteuttaa laajemmin tulevaisuudessa. Lisäksi kysyttiin, toteutuvatko tietyt joustavuusominaisuudet jo laajasti kiinteistökannassa.

Asunnon monipuolinen käyttö ja kalustettavuus sai eniten mainintoja (n = 7). Huoneiston muunneltavuutta koskevissa vastauksissa oli jonkin verran tulkinnanvaraisuutta riippuen siitä, valittiinko kaavioista numero 4 (muunneltavuus, joka ei tarkoita muutoksia vesi- ja viemärijärjestelmiin) vai numero 5 (muunneltavuus, koskien muutoksia myös vesi- ja viemärijärjestelmiin). Avovastauksissa korostui, että huoneiston muunneltavuutta rajoittavat vesipisteiden kiinteät sijainnit. Avovastauksissa korostui, että huoneiston muunneltavuutta rajoittavat erityisesti vesipisteiden kiinteät sijainnit. Tästä syystä muunneltavuuden muodot, jotka eivät edellytä muutoksia vesi- ja viemärijärjestelmiin, näyttäytyivät kiinnostavampina.

Huoneiston monipuolisen kalustettavuuden ja käytön ennakointia perusteltiin vastauksissa erityisesti erilaisten käyttäjäryhmien tarpeilla. Esimerkiksi vastauksessa tuotiin esiin haasteet vuokralaisten saamisessa kohteisiin, joiden suunnittelu on lähtökohtaisesti rajattu vastaamaan vain tietyn kohderyhmän asumistarpeita.

Jatkokysymyksessä tiedusteltiin, onko joustavuus vaikuttanut positiivisesti rakennuksen arvoon. Kysymys vaikuttaa olleen monitulkintainen, ja tästä syystä myös vastausten tulkinta on haastavaa. Kolmessa vastauksessa joustavuudella todettiin yksiselitteisesti ja ilman perusteluja olevan vaikutusta rakennuksen koettuun arvoon. Kun näihin yhdistetään vastaukset, joissa rakennuksen arvon tulkittiin tarkoittavan rakennuksen käytettävyyden säilymistä suhteessa muuttuviin tarpeisiin ja kysyntään, voidaan yhteensä seitsemän vastaajan tulkita tunnistaneen joustavuuden positiiviset vaikutukset rakennuksen arvoon, kun kokonaisuudessaan vastauksia saatiin kysymykseen yksitoista.

”Huoneiston muunneltavuus, meillä on hyvin selkeät rakenteet monessa kohteessa ja vaikkapa vesipiste ei siirry helposti mihinkään muualle. Jatkossa voisi näitä miettiä jo suunnittelupöydällä paremmin.”

”lääkkäessä kannassamme on tyypillistä valtavan kokoiset olohuoneet ja vanhan mallin tilavat makuuhuoneet – ne mahdollistavat tiettyjä rakenteellisia muutoksia pieninkin toimin. Isommassa kuvassa muilta osin joustavuus-haasteita on tekniikan ja rakenteenkin vuoksi.”

Toisaalta kahden vastaajan mukaan joustavuudella ei ole vaikutusta markkina-arvoon. Perusteluna mainittiin esimerkiksi se, että suunnitteluratkaisut on jo tehty kohderyhmän tarpeet huomioiden (vastaaja mainitsi kysymyksen kohdalla senioriasunnot). Vastauksista ilmeni myös, että joustavuuteen liittyvät käsitteet eivät ole kaikille vastaajille yksiselitteisiä: esimerkiksi eräässä vastauksessa esimerkiksi tuotiin esiin, että siirrettävä ja muunneltava ”ei kestä” vuokratyössä.

”Kyllä. Asunnoista pyritään tekemään houkuttelevia ja sopivia kaikenikäisille.”

”Ei suoranaisesti rakennuksen arvoon, ainoastaan käyttöarvoon, kun saadaan rakennuksen käytettävyyttä lisättyä tarpeiden muuttuessa.”

6.3.3 Uudelleenkäytettävyys ja purettavaksi suunniteltu

Purettavaksi suunnittelun periaatteiden soveltamista uudisrakentamiseen käsiteltiin seitsemän vastausvaihtoehdon avulla: (1) saavutettavuus, (2) riippumattomuus, (3) yksinkertaisuus, (4) standardointi, (5) käsittelyn mahdollistaminen, (6) turvallisuus ja (7) liiketoiminnan mahdollistaminen (ks. luku 5). Vastaajia pyydettiin valitsemaan tekijät, joiden he uskovat vaikeuttavan tai edistävän purettavaksi suunnittelun periaatteiden käyttöönottoa uudisrakennushankkeissaan. Jatkokysymyksessä selvitettiin vastaajan kokemusta nykyisten ja tavanomaisten rakennusosien uudelleenkäytöstä: mitä haasteita on kohdattu, ja mikä on toiminut hyvin.

Purettavaksi suunnittelun periaatteet vaikuttivat olevan toistaiseksi melko tuntematon aihe vastaajien edustamissa organisaatioissa. Kahdeksalla vastaajalla kahdestatoista ei ollut aiheesta kokemusta. Yksittäisten vastausten perusteella aiheesta nähdään liiketoiminnan mahdollisuuksia.

Kahdessa vastauksessa kommentoitiin vanhempaa rakennuskantaa ja todettiin, että sen huono kunto tai siihen sisältyvä asbesti estää rakenneosien uudelleenkäyttöä. Kahdessa vastauksessa otettiin kantaa materiaalien kierrätykseen: toisessa todettiin kierrätyksen hyötyjen olevan vaivaan nähden liian pienet, kun taas toisessa todettiin, että parin purkukohteen kokemuksella yli 90 prosenttia materiaaleista saatiin kierrätettyä.



7

Elinkaariominaisuuksien toteuttaminen

Leif Lindegren, Sini Saarimaa, Mikko Koskivuori,
Timo Heikkilä, Asseri Niemelä, Kyösti Nieminen,
Tuomo Joensuu, Lassi Vaahtera

Joustavuutta ja arkkitehtisuunnitelmaa havainnollistavat kuvat:
Leif Lindegren, Sini Saarimaa

Säilyvyyttä ja talotekniikkaa havainnollistavat kuvat:
Mikko Koskivuori, Timo Heikkilä, Asseri Niemelä, Kyösti Nieminen

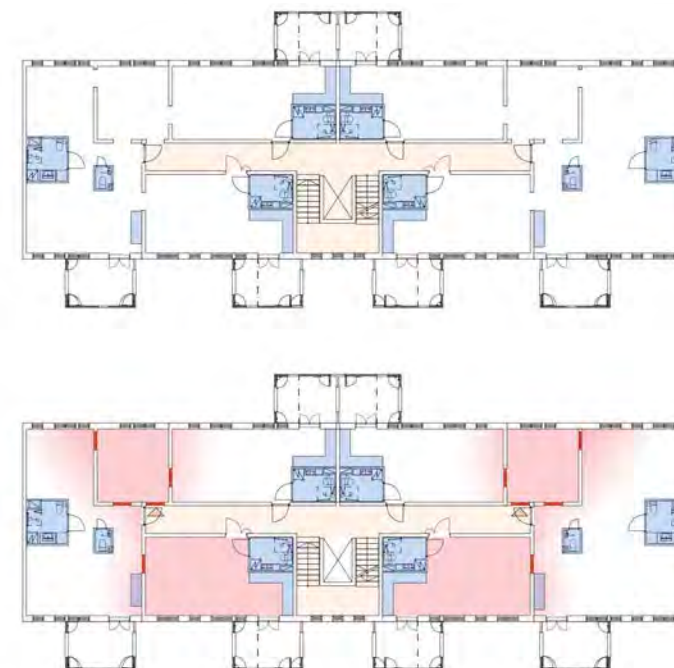
Uudelleenkäytettävyyttä havainnollistavat kuvat:
Tuomo Joensuu, Lassi Vaahtera

7.1 Kuvitteellinen kerrostalo

Elinkaariominaisuuksien konkretisoinnin keskiöön on nostettu kuvitteellinen asuinkerrostalokohde, jonka monialaisessa suunnitteluprosessissa tarkasteltiin ja pyrittiin ratkaisemaan, mitä elinkaariominaisuudet – säilyvyys, joustavuus ja uudelleenkäytettävyys – tarkoittavat käytännössä: miten niiden toteuttamista voidaan ohjata suunnitteluratkaisuin ja miten niiden vaikutuksia voidaan arvioida.

Kuvitteellisen kerrostalon tehtävänä on myös toimia alustana, jonka avulla havainnollistetaan suunnittelussa huomioitavia elinkaariominaisuuksiin liittyviä seikkoja kuvin ja kuvauksin. Kuvitteellinen kohde on suunniteltu edustamaan suomalaisessa kaupunkirakentamisessa laajasti hyödynnettävissä olevaa vuokrakerrostaloa. Vuokrakerrostalo toimii perusteltuna kohteena elinkaariominaisuuksien tarkasteluun. Perusteluja on esitetty luvussa 2.1.

Kuvitteellinen asuinkerrostalokohde on tyypiltään lamellitalo. Lamellitaloksi kutsutaan kerrostaloa, joka muodostuu yhdestä tai useammasta toistuvasta rakennuksen osasta, joka käsittää porrashuoneen sekä huoneistoja. Vaikka lamellitalokorttelissa on suunniteltava myös päätyratkaisuja, on käsiteltävässä kuvitteellisessa kerrostalossa käsitelty pääasiassa lamellitalokorttelin keskellä olevaa osaa, joka jatkuisi lamellisäyksin lyhyistä päistään. Lamellitalon yksinkertainen muotokieli tukee sekä rakentamisen tehokkuutta että toistettavuutta (Pitkänen, 2009), ja nurkkien ja kulmien minimointi myös ehkäisee säilyvyyteen liittyviä riskejä. Näin ollen lamelliin ei tehty esimerkiksi sisäänvedettyjä parvekkeita.



Kuva 37. Kuvitteellisen kohteen kiinteä tukiosa: beige väri kuvaa porrashuonetta, joka palvelee enintään kuutta asuntoa. Sininen väri osoittaa muuttumattomat vesi- ja viemäripisteet sekä niihin liittyvät keittiön osat ja märkätilat. Punainen väri esittää kytköhuoneita ja -huoneistoja.

7.1.1 Elinkaariominaisuuksia koskevat tavoitteet

Kaikilla rakennuksilla ei voi olla samoja tavoitteita elinkaariominaisuuksien suhteen, koska rakennusten käyttötarkoitukset, käyttöympäristöt, käyttäjät, tekniset vaatimukset ja taloudelliset reunaehdot vaihtelevat merkittävästi. Elinkaariominaisuuksien suhteen onkin tärkeää asettaa kohdekohtaisia tavoitteita jo suunnitteluvaiheessa. Alla koostetaan kuvitteelliselle kerrostalokohteelle asetettuja elinkaariominaisuuksia koskevia tavoitteita lyhyesti perustellen. Tavoitteet ovat esillä koostetusti kuvassa 38.

Säilyvyys: Säilyvyyden osalta tavoitteena on mahdollistaa rakenteiden mahdollisimman pitkä käyttöikä huomioiden rakennuksen ympäristöstä ja käytöstä aiheutuvat merkittävimmät rasitustekijät. Merkittävä osa säilyvyyden ratkaisuista liittyy myös korjaustarpeiden ennakointiin. Teknisillä ratkaisilla on pyritty edesauttamaan rakennuksen kustannustehokasta ylläpitoa, sujuvoittamaan tulevia korjauksia mahdollisimman paljon sekä minimoimaan käytölle aiheutuvat haitat ennakoimalla järjestelmien vikaantumisia. Sovelletut ratkaisut mahdollistavat paremmin komponenttien paikallisen uusimisen. (Ks. kuva 38.)

Joustavuus: Vuokra-asuntojen käyttäjät vaihtuvat usein, joten vuokra-asuntokohteen huoneistojen kohdalla tavoitellaan niiden mukautumista joustavasti vaihtuviin käyttöihin ja käyttäjiin ilman kalliita remontteja. Siksi isoimpien huoneiden monipuolinen käyttö ja kalustusmahdollisuus sekä tilojen avoimuuden (esim. avokeittiö-erilliskeittiö) muutosmahdollisuus nähtiin tavoiteltavana lisäarvona. Huoneiden kalustuksen ja määrän muutosmahdollisuudet on suunniteltu siten, että vesi- ja viemäripisteisiin ei tarvitse tilamuutoksissa puuttua, sillä märkätilamuutokset ovat kalliita ja riskialttiita. Edellisen ohella eri tavoin kalustettavat ja käytettävät parvekkeet lisäävät asumisviihtyvyyttä ja käyttöarvoa eri käyttäjäryhmille. Laajemmassa aika-ulottuvuudessa asutokunnat ja asumisen tavat muuttuvat, ja tästä syystä kuvitteellisessa vuokra-asuntokohteessa tavoiteltiin myös huoneistojen välistä muutosmahdollisuutta. (Ks. kuva 38.)

Uudelleenkäytettävyyys: Ympäristönäkökulmasta on olennaista, että rakennus on suunniteltu siten, että sen kantava betonirunko voidaan käyttää uudelleen, sillä siitä aiheutuu pääosa rakentamisen ympäristövaikutuksista. Silti myös ympäristön kannalta vähemmän merkittävien rakennusosien uudelleenkäytöstä on mahdollista saada tuloja, mikä edistää uudelleenkäyttöä, tekemällä rakennuksen ehjänä purkamisesta taloudellisesti kannattavaa. Samoin jätteenkierrätyksen päätyvien rakennusosien helppo irrotettavuus nopeuttaa purkutyömaata. Purkuvaiheessa koko rakennuksen uudelleenkäytön ratkaisee, onko ehjänä purkaminen muihin purkutapoihin verrattuna taloudellisesti järkevää. Vaikka kantava runko on rakennusosien uudelleenkäytön keskiössä, se vaikuttaa koko rakennuksen suunnitteluun. (Ks. kuva 38.)

1	2	3	4	5	6	7
Ympäristön ja käytön aiheuttamien rasitustekijöiden tunnistaminen	Vikaantumisen ennakointi	Vikasietoisuus	Kulutuskestävyys	Kunnossapidettävyyys	Korjattavuus	Laatu ja laadunvarmistus (suunnittelu, toteutus, huolto)

Ympäristön ja käytön aiheuttamien rasitustekijöiden tunnistaminen: Tavoitteena on, että rakenteet kestävät mahdollisimman hyvin ympäristön ja käytön aiheuttamia rasitustekijöitä. Tämä on huomioitu muun muassa sääille alttiiden ulkovaipparakenteiden ja kosteusrasitettujen sisäpuolisten rakenteiden riittävän yksityiskohtaisella suunnittelulla.

Vikaantumisen ennakointi ja vikasietoisuus: Tavoitteena on, että todennäköisimmät vikaantumistilanteet on huomioitu rakenteiden suunnittelussa. Esimerkiksi vuotovahinkojen haitallisia vaikutuksia ehkäistään ja rajataan teknisillä ratkaisilla.

Kulutuskestävyys: Tavoitteena on, että rakenteet ja materiaalit kestävät niille kohdistuvia kulumista aiheuttavia tekijöitä. Pinnoille kohdistuva mekaaninen rasitus ja siivoustoimenpiteet on huomioitu muun muassa lattiapintojen materiaalinvalinnoissa.

Kunnossapidettävyyys ja korjattavuus: Tavoitteena on, että rakenteiden ja järjestelmien kunnossapito ja korjaus olisi mahdollisimman helppoa ja kustannustehokasta. Rakenteiden ja järjestelmien toiminnan kannalta kriittiset ja säännöllistä huoltoa vaativat osat ja komponentit ovat mahdollisimman helposti saavutettavissa tarkastuksia ja korjauksia varten.

MONIKÄYTTÖISYYS				MUUNNELTAVUUS		
1	2	3	4	5	6	7
Monipuolinen käyttö ja kalustettavuus	Käytön laajentaminen ulkotilaan	Muokattavat osat (kalusteet ja tilan jako-osat)	Muunneltavuus kuivissa tiloissa (ilman muutoksia vesi- ja viemäri-järjestelmiin)	Muunneltavuus muutoksilla vesi- ja viemäri-järjestelmiin	Huoneistojen väliset muutokset	Rakennuksen laajennettavuus

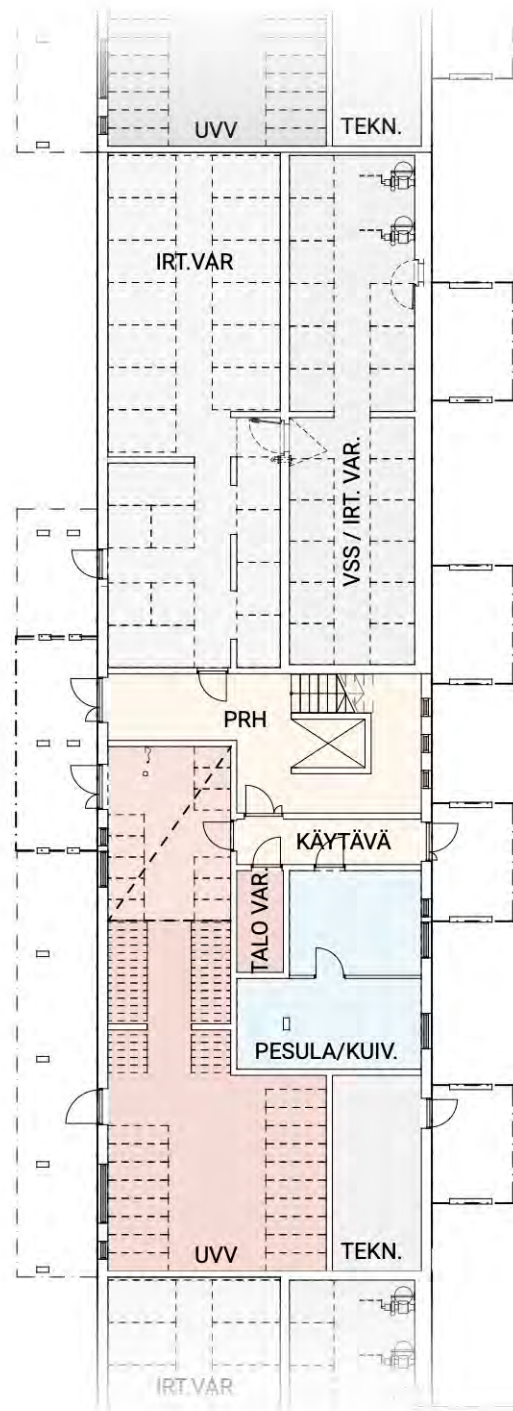
Monipuolinen käytettävyyys ja kalustettavuus, käytön laajennettavuus ulos, monikäyttökäytöiden ja jako-osien muokattavuus: Tavoitteena on, että huoneistojen päätilat, suurimmat erillishuoneet ja ulkotilat ovat kalustettavissa eri käyttötarkoituksiin. Ulkotilojen käyttö on riippumatonta eri muuntovaihtoehtoista. Huoneiden jakaminen eri tiloiksi ja yhdistäminen avoimeksi tilaksi onnistuu erityisesti pienemmissä huoneistoissa liukuoviratkaisilla. Tilasuunnittelu rakenteet ja LVISA-järjestelmät on sovitettu tukemaan tavoiteltuja käyttövaihtoehtoja.

Muunneltavuus kuivissa tiloissa ja huoneistojaon muutokset: Tavoitteena on, että suurimmat huoneistot mahdollistavat eri huonemäärät ja huoneistojen jakoja voidaan joiltain osin muuttaa, jolloin myös yksiöiden määrää voidaan tarpeen mukaan rakennuksessa lisätä tai vähentää. Tilasuunnittelu rakenteet ja LVISA-järjestelmät on sovitettu tukemaan tavoiteltuja muuntovaihtoehtoja.

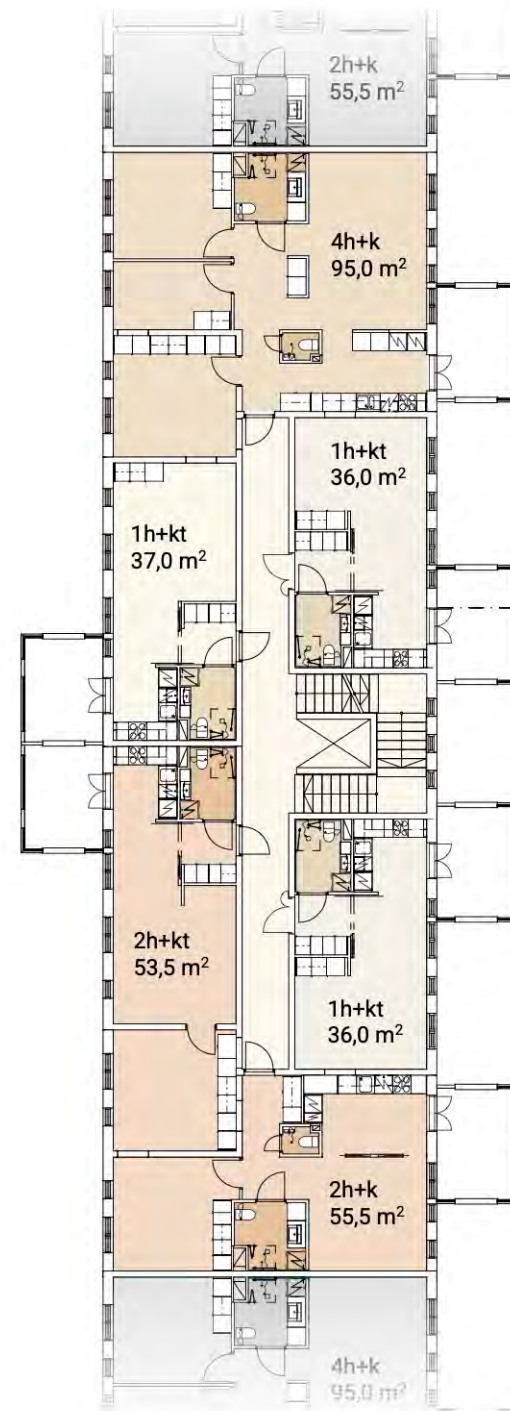
1	2	3	4	5	6	7
Saavutettavuus	Riippumattomuus	Yksinkertaisuus	Standardisointi	Käsittelyn mahdollistaminen	Turvallisuus	Liiketoiminnan mahdollistaminen

Purettavaksi suunnittelu: Tavoitteena on, että rakennuksen runko on mahdollisimman kustannustehokkaasti ja turvallisesti purettavissa osiksi ja että mahdollisimman monelle irroitetuista rungon osista löytyy uusi käyttötarkoitus.

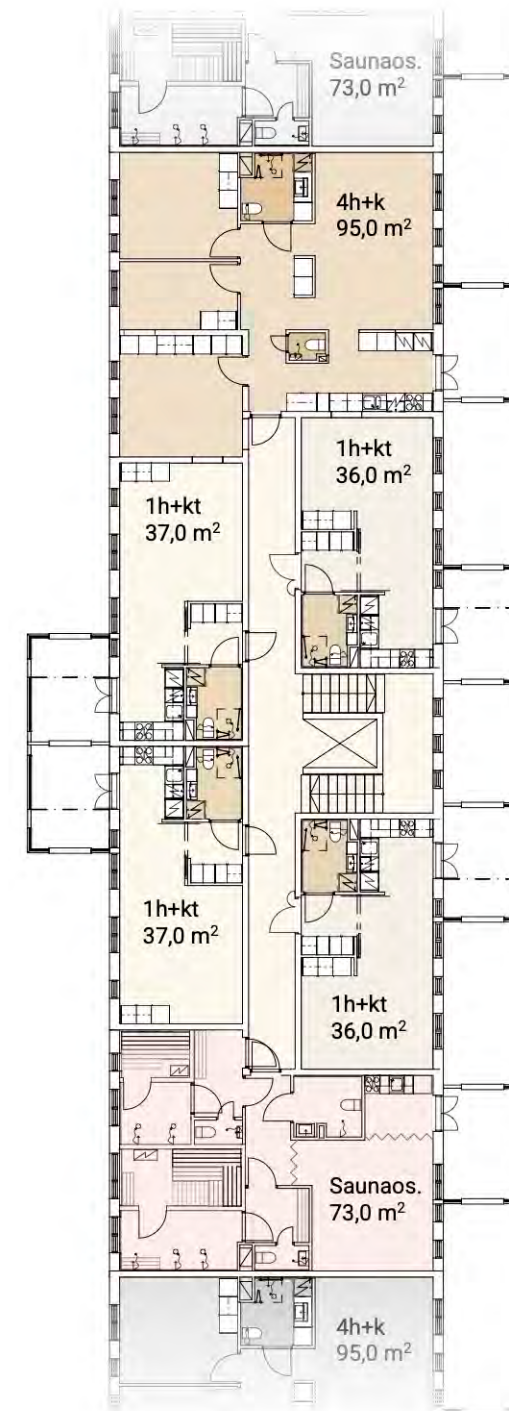
Kuva 38. Luvuissa 3–5 esiteltiin säilyvyyden, joustavuuden ja uudelleenkäytettävyyden periaatteet: kuvassa punaiset ääriviivat havainnollistavat, mitä periaatteita on asetettu kuvitteellisen kerrostalokohteen tavoitteeksi.



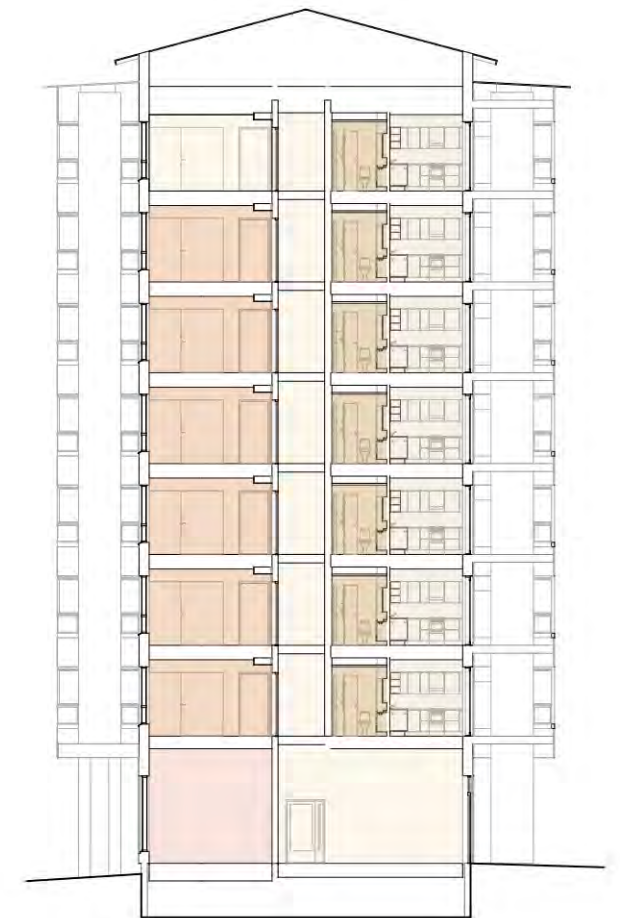
Maantasokerros



Peruskerros



Ylin kerros



Periaateleikkaus

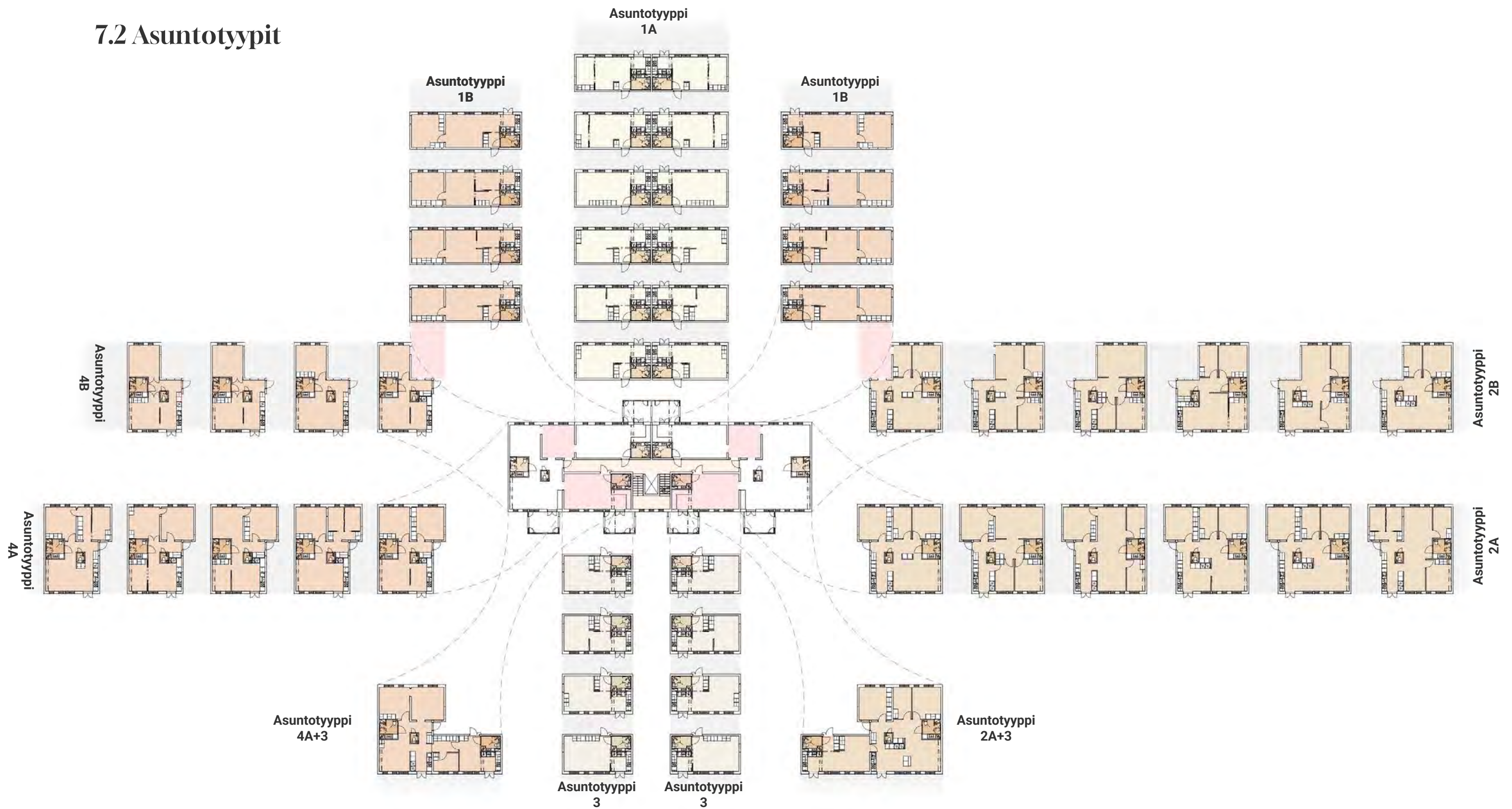
Kuva 39. Kuvitteellinen kerrostalo: pohjapiirustukset ja leikkaus. Kuvitteellinen kerrostalo kuvaa konseptin yksinkertaisesta harjakattoisesta lamellikerrostalon osasta. Suunnittelutehtävässä keskityttiin toistuvan lamellin peruskerrokseen.



Kuva 40. Kuvitteellisen kerrostalon lamellin julkisivut molemmin puolin. Vaikka julkisivu ei ollut tarkastelun pääkohde, sen suunnitteluun sovellettiin elinkaariominaisuuksien periaatteita.



7.2 Asuntotyypit



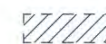
Kuva 41. Kuvitteellisen kerrostalokohteen kytköhuoneet ja -huoneistot mahdollistavat erilaisia huoneistojakaumia lamellia kohden. Kytöhuoneet ja -huoneistot on merkitty vaalealla punaisella korostevärillä.

7.2.1 Asuntotyyppi 1A, huoneistoala 37,0 m²

Huoneistojen sisäisen muunneltavuuden lähtökohdaksi otettiin kussakin huoneis-tossa jokaisessa tarkastelussa muuttumattomana pysyvä kiinteä tukiosa, joka käsittää märkätilan sekä keittiön vesi- ja viemäripisteet. Huoneiston muut tilat on mahdollista rajata ei-kantavien seinien avulla monenlaisin eri tavoin. Näitä eri tilaratkaisuita kutsutaan muuntovaihtoehdoiksi. Käyttövaihtoehtojen avulla tutkittiin tilojen monikäyttöisyyttä. Tilojen mitoituksessa otettiin huomioon muun muassa monipuoliset kalustamisen mahdollisuudet, erityisesti päätilojen ja isoimpien erillishuoneiden osalta.



1...2 hengen asunnon oleskelutilan ohjeellinen koko on 16 m² (RT 93-10926).*



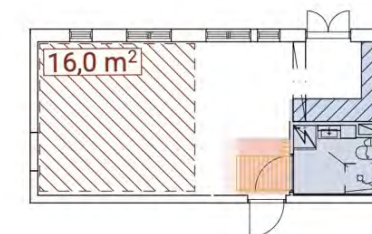
1...2 hengen asunnon keittiökalusteiden ohjeellinen mitoitus on 3550...4600 mm (RT 93-10929)



Sisäänkäynnin yhteydessä on kalusteista vapaata tilaa 1 500 x 1 300...1 700 mm pukeutumista ja riisuutumista, toisen henkilön avustamista sekä liikkumisen apuvälineen tai lastenvaunujen käyttöä varten (RT 93-10929).



Mitoitusohje esteettömän wc-tilan oven edustan tilavaraukseksi: a = oven vapaan kulkuaukon leveys, b= vapaa tila oven edessä. Lisäksi varmistetaan 400 mm vapaata tilaa oven aukeamispuolella. (RT 103141, RT 103602)



* Oleskelutilan mitoitus on mahdollista tietyissä muuntovaihtoehdoissa.

7.2.2 Asuntotyyppi 1B, huoneistoala 53,5 m²

Huoneistojen sisäisen muunneltavuuden lähtökohdaksi otettiin kussakin huoneis-tossa jokaisessa tarkastelussa muuttumattomana pysyvä kiinteä tukiosa, joka käsittää märkätilan sekä keittiön vesi- ja viemäripisteet. Huoneiston muut tilat on mahdollista rajata ei-kantavien seinien avulla monenlaisin eri tavoin. Näitä eri tilaratkaisuita kutsutaan muuntovaihtoehdoiksi. Käyttövaihtoehtojen avulla tutkittiin tilojen monikäyttöisyyttä. Tilojen mitoituksessa otettiin huomioon muun muassa monipuoliset kalustamisen mahdollisuudet, erityisesti päätilojen ja isoimpien erillishuoneiden osalta.



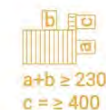
1...2 hengen asunnon oleskelutilan ohjeellinen koko on 16 m² (RT 93-10926).*



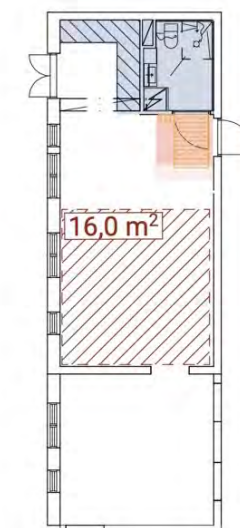
1...2 hengen asunnon keittiökalusteiden ohjeellinen mitoitus on 3550... 4600 mm (RT 93-10929)



Sisäänkäynnin yhteydessä on kalusteista vapaata tilaa 1 500 x 1 300... 1 700 mm pukeutumista ja riisuutumista, toisen henkilön avustamista sekä liikkumisen apuvälineen tai lastenvaunujen käyttöä varten (RT 93-10929).



Mitoitusohje esteettömän wc-tilan oven edustan tilavaraukseksi: a = oven vapaan kulkuaukon leveys, b= vapaa tila oven edessä. Lisäksi varmistetaan 400 mm vapaata tilaa oven aukeamispuolella. (RT 103141, RT 103602)



* Oleskelutilan mitoitus on mahdollista tietyissä muuntovaihtoehdoissa.

7.2.3 Asuntotyyppi 2A, huoneistoala 95,0 m²

Huoneistojen sisäisen muunneltavuuden lähtökohdaksi otettiin kussakin huoneis-tossa jokaisessa tarkastelussa muuttumattomana pysyvä kiinteä tukiosa, joka käsittää märkätilan sekä keittiön vesi- ja viemäripisteet. Huoneiston muut tilat on mahdollista rajata ei-kantavien seinien avulla monenlaisin eri tavoin. Näitä eri tilaratkaisuita kutsutaan muuntovaihtoehtoiksi. Käyttövaihtoehtojen avulla tutkittiin tilojen monikäyttöisyyttä. Tilojen mitoituksessa otettiin huomioon muun muassa monipuoliset kalustamisen mahdollisuudet, erityisesti päätilojen ja isoimpien erillishuoneiden osalta.



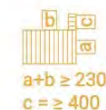
4...6 hengen asunnon oleskelutilan ohjeellinen koko on 19...23 m² (RT 93-10926).*



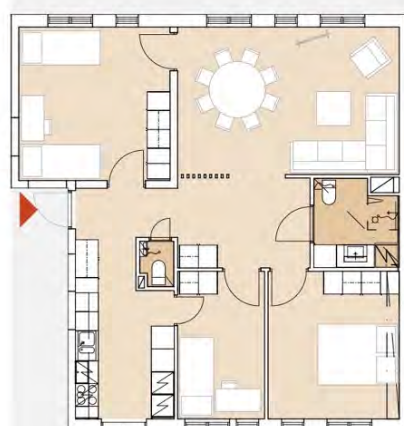
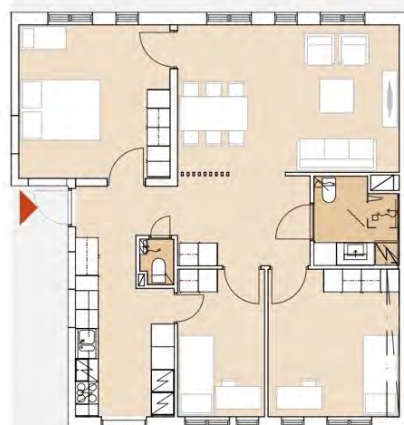
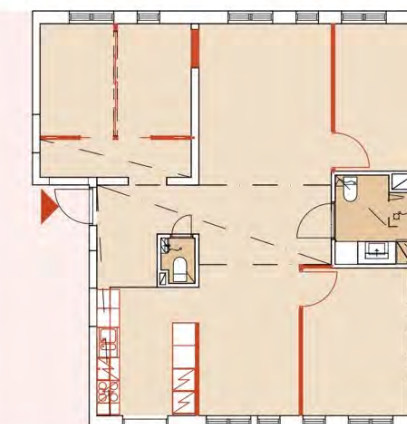
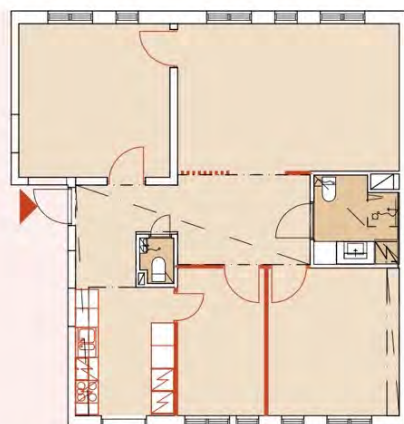
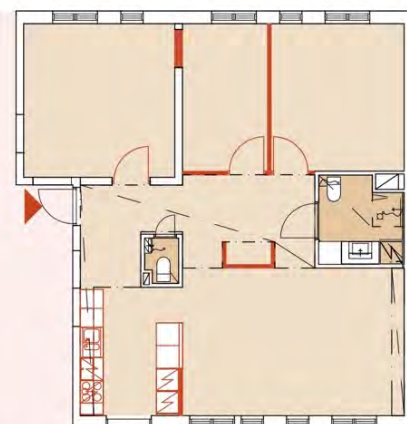
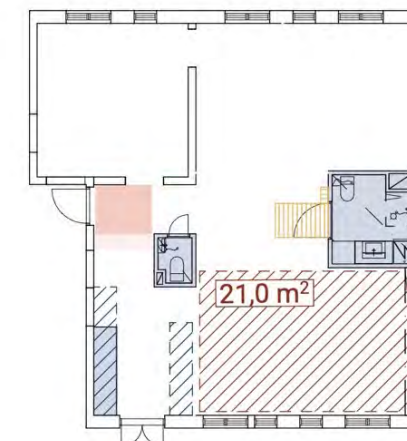
4...6 hengen asunnon keittiökalusteiden ohjeellinen mitoitus on 5200...6300 mm (RT 93-10929)



Sisäänkäynnin yhteydessä on kalusteista vapaata tilaa 1 500 x 1 300...1 700 mm pukeutumista ja riisuutumista, toisen henkilön avustamista sekä liikkumisen apuvälineen tai lastenvaunujen käyttöä varten (RT 93-10929).



Mitoitusohje esteettömän wc-tilan oven edustan tilavaraukseksi: a = oven vapaan kulkuaukon leveys, b= vapaa tila oven edessä. Lisäksi varmistetaan 400 mm vapaata tilaa oven aukeamispuolella. (RT 103141, RT 103602)



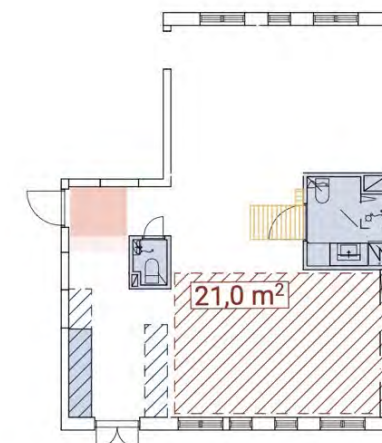
118

119

7.2.4 Asuntotyyppi 2B, huoneistoala 77,0 m²

Huoneistojen sisäisen muunneltavuuden lähtökohdaksi otettiin kussakin huoneis-tossa jokaisessa tarkastelussa muuttumattomana pysyvä kiinteä tukiosa, joka käsittää märkätilan sekä keittiön vesi- ja viemäripisteet. Huoneiston muut tilat on mahdollista rajata ei-kantavien seinien avulla monenlaisin eri tavoin. Näitä eri tilaratkaisuita kutsutaan muuntovaihtoehtoiksi. Käyttövaihtoehtojen avulla tutkittiin tilojen monikäyttöisyyttä. Tilojen mitoituksessa otettiin huomioon muun muassa monipuoliset kalustamisen mahdollisuudet, erityisesti päätilojen ja isoimpien erillishuoneiden osalta.

-  2...4 hengen asunnon oleskelutilan ohjeellinen koko on 18...21,5 m² (RT 93-10926).*
-  2...4 hengen asunnon keittiökalusteiden ohjeellinen mitoitus on 4000...5300 mm (RT 93-10929)
-  Sisäänkäynnin yhteydessä on kalusteista vapaata tilaa 1 500 x 1 300...1 700 mm pukeutumista ja riisuutumista, toisen henkilön avustamista sekä liikkumisen apuvälineen tai lastenvaunujen käyttöä varten (RT 93-10929).
-  Mitoitusohje esteettömän wc-tilan oven edustan tilavaraukseksi: a = oven vapaan kulkuaukon leveys, b= vapaa tila oven edessä. Lisäksi varmistetaan 400 mm vapaata tilaa oven aukeamispuolella. (RT 103141, RT 103602)



Kuva 45. Asuntotyyppin 2B osalta tutkitut erilaiset muuntovaihtoehdot ja niiden sisäiset käyttövaihtoehdot.

* Oleskelutilan mitoitus on mahdollista tietyissä muuntovaihtoehtoissa.

7.2.5 Asuntotyyppi 3, huoneistoala 36,0 m²

Huoneistojen sisäisen muunneltavuuden lähtökohdaksi otettiin kussakin huoneis-tossa jokaisessa tarkastelussa muuttumattomana pysyvä kiinteä tukiosa, joka käsittää märkätilan sekä keittiön vesi- ja viemäripisteet. Huoneiston muut tilat on mahdollista rajata ei-kantavien seinien avulla monenlaisin eri tavoin. Näitä eri tilaratkaisuita kutsutaan muuntovaihtoehdoiksi. Käyttövaihtoehtojen avulla tutkittiin tilojen monikäyttöisyyttä. Tilojen mitoituksessa otettiin huomioon muun muassa monipuoliset kalustamisen mahdollisuudet, erityisesti päätilojen ja isoimpien erillishuoneiden osalta.



1...2 hengen asunnon oleskelutilan ohjeellinen koko on 16 m² (RT 93-10926). *



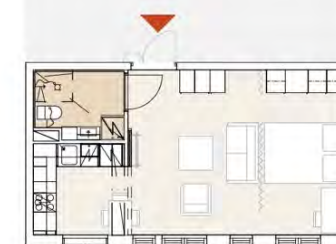
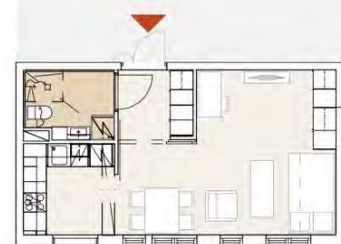
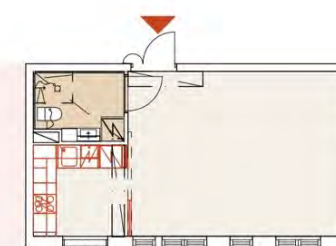
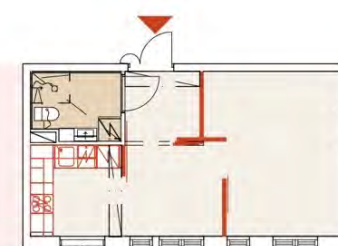
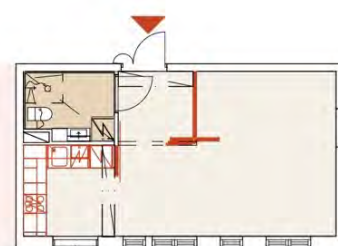
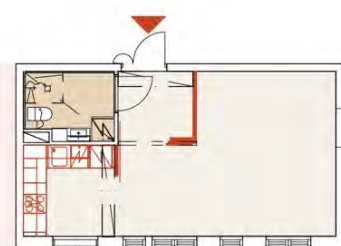
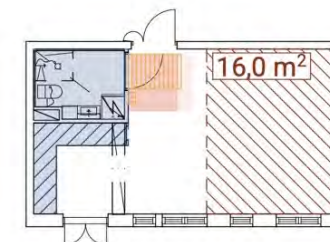
1...2 hengen asunnon keittiökalusteiden ohjeellinen mitoitus on 3550...4600 mm (RT 93-10929)



Sisäänkäynnin yhteydessä on kalusteista vapaata tilaa 1 500 x 1 300...1 700 mm pukeutumista ja riisuutumista, toisen henkilön avustamista sekä liikkumisen apuvälineen tai lastenvaunujen käyttöä varten (RT 93-10929).



Mitoitusohje esteettömän wc-tilan oven edustan tilavaraukseksi: a = oven vapaan kulkuaukon leveys, b= vapaa tila oven edessä. Lisäksi varmistetaan 400 mm vapaata tilaa oven aukeamispuolella. (RT 103141, RT 103602)



7.2.6 Asuntotyyppi 4A, huoneistoala 73,0 m²

Huoneistojen sisäisen muunneltavuuden lähtökohdaksi otettiin kussakin huoneis-tossa jokaisessa tarkastelussa muuttumattomana pysyvä kiinteä tukiosa, joka käsittää märkätilan sekä keittiön vesi- ja viemäripisteet. Huoneiston muut tilat on mahdollista rajata ei-kantavien seinien avulla monenlaisin eri tavoin. Näitä eri tilaratkaisuita kutsutaan muuntovaihtoehdoiksi. Käyttövaihtoehtojen avulla tutkittiin tilojen monikäyttöisyyttä. Tilojen mitoituksessa otettiin huomioon muun muassa monipuoliset kalustamisen mahdollisuudet, erityisesti päätilojen ja isoimpien erillishuoneiden osalta.



2...4 hengen asunnon oleskelutilan ohjeellinen koko on 18...21,5 m² (RT 93-10926).*



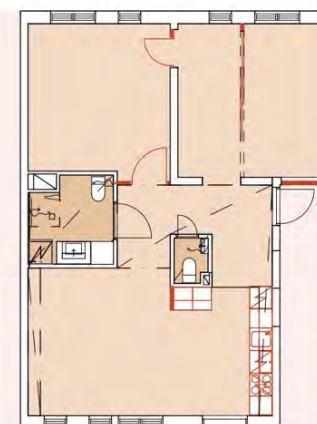
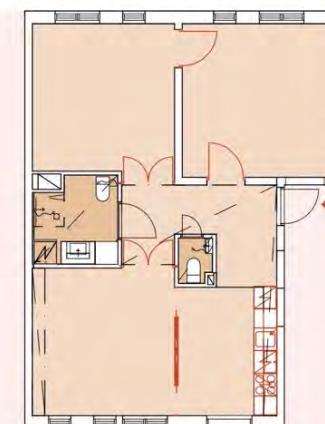
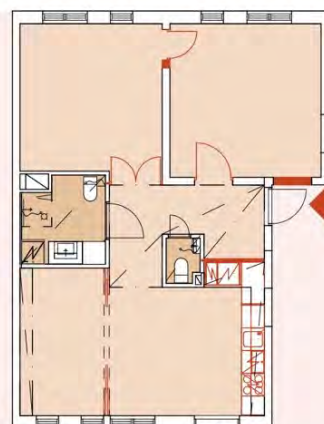
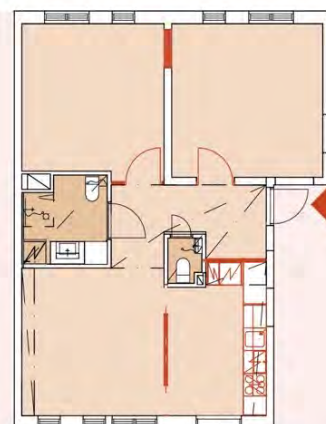
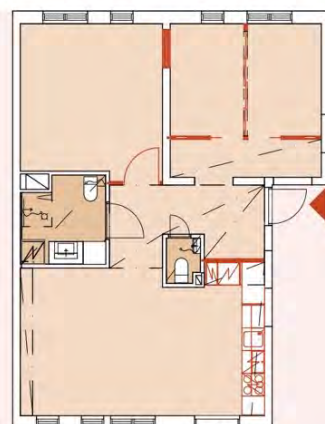
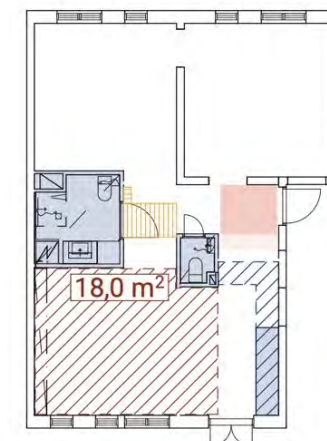
2...4 hengen asunnon keittiökalusteiden ohjeellinen mitoitus on 4000...5300 mm (RT 93-10929)



Sisäänkäynnin yhteydessä on kalusteista vapaata tilaa 1 500 x 1 300...1 700 mm pukeutumista ja riisuutumista, toisen henkilön avustamista sekä liikkumisen apuvälineen tai lastenvaunujen käyttöä varten (RT 93-10929).



Mitoitusohje esteettömän wc-tilan oven edustan tilavaraukseksi: a = oven vapaan kulkuaukon leveys, b = vapaa tila oven edessä. Lisäksi varmistetaan 400 mm vapaata tilaa oven aukeamispuolella. (RT 103141, RT 103602)



7.2.7 Asuntotyyppi 4B, huoneistoala 55,5 m²

Huoneistojen sisäisen muunneltavuuden lähtökohdaksi otettiin kussakin huoneis-tossa jokaisessa tarkastelussa muuttumattomana pysyvä kiinteä tukiosa, joka käsittää märkätilan sekä keittiön vesi- ja viemäripisteet. Huoneiston muut tilat on mahdollista rajata ei-kantavien seinien avulla monenlaisin eri tavoin. Näitä eri tilaratkaisuita kutsutaan muuntovaihtoehdoiksi. Käyttövaihtoehtojen avulla tutkittiin tilojen monikäyttöisyyttä. Tilojen mitoituksessa otettiin huomioon muun muassa monipuoliset kalustamisen mahdollisuudet, erityisesti päätilojen ja isoimpien erillishuoneiden osalta.



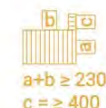
1...2 hengen asunnon oleskelutilan ohjeellinen koko on 16 m² (RT 93-10926).*



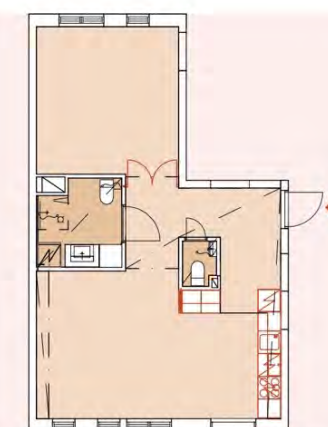
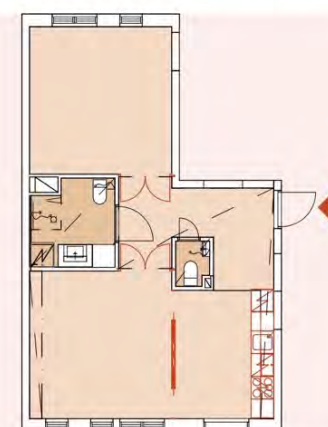
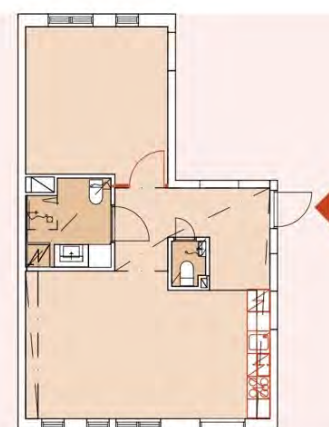
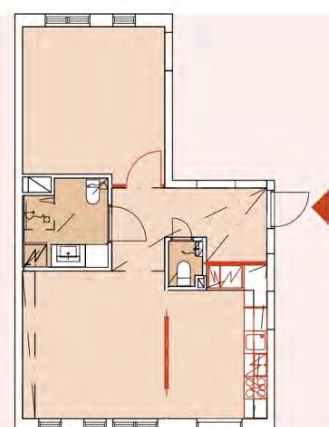
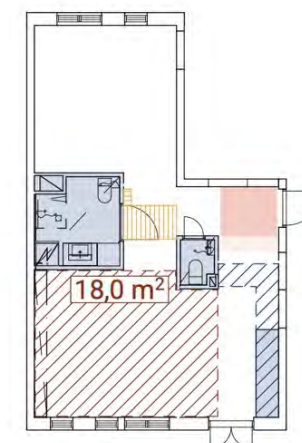
1...2 hengen asunnon keittiökalusteiden ohjeellinen mitoitus on 3550...4600 mm (RT 93-10929)



Sisäänkäynnin yhteydessä on kalusteista vapaata tilaa 1 500 x 1 300...1 700 mm pukeutumista ja riisuutumista, toisen henkilön avustamista sekä liikkumisen apuvälineen tai lastenvaunujen käyttöä varten (RT 93-10929).



Mitoitusohje esteettömän wc-tilan oven edustan tilavaraukseksi: a = oven vapaan kulkuaukon leveys, b= vapaa tila oven edessä. Lisäksi varmistetaan 400 mm vapaata tilaa oven aukeamispuolella. (RT 103141, RT 103602)



7.2.8 Kytköasunnot



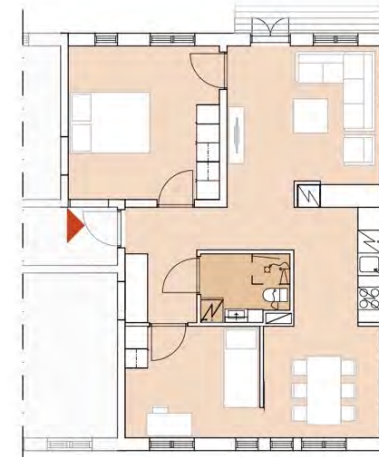
Kytköasuntoesimerkki asuntotyyppien 4A ja 3 pohjalta.
Huoneistoala 109,0 m².



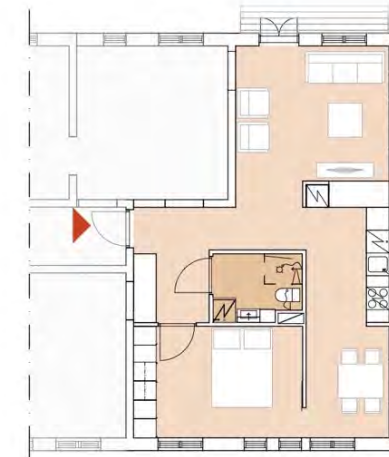
Kytköasuntoesimerkki asuntotyyppien 2A ja 3 pohjalta.
Huoneistoala 131,0 m².

Kuva 49. Kytköasuntojen avulla on mahdollista luoda esimerkiksi erilaisia ratkaisuita sukupolviasumiseen tai tiloja työskentelyyn kotona. Esimerkki suunnitelmissa esitetty asuntotyypeistä 4A + 3 ja 2A + 3 koostuvaa ratkaisua.

7.2.9 Päätyasunnot



Päätyasuntoesimerkki asuntotyyppin 4A
pohjalta. Huoneistoala 73,0 m².



Päätyasuntoesimerkki asuntotyyppin 4B
pohjalta. Huoneistoala 55,5 m².



Päätyasuntoesimerkki asuntotyyppin 2A
pohjalta. Huoneistoala 95,0 m².



Päätyasuntoesimerkki asuntotyyppin 2B
pohjalta. Huoneistoala 77,0 m².

Kuva 50. Lamellin päädyssä asunnot voivat avautua kaupunkirakenteesta riippuen kolmeen ilmansuuntaan. Päätyasuntoratkaisut pohjautuvat äärimittojen osalta asuntotyyppeihin 2A ja 2B, sekä 4A ja 4B ja ovat näin yhteensopivia kuvitteellisen kerrostalon eri huoneistojakaumavariaatioiden kanssa.

7.2.10 Kulmalamellit ja -asunnot



Kuva 51. Kahdesta lamellista muodostuva rakennuksen kulmaratkaisu.



Kuva 52. Kulmalamelliratkaisu, jossa porrashuone sijoittuu lamellin sisänurkkaan.

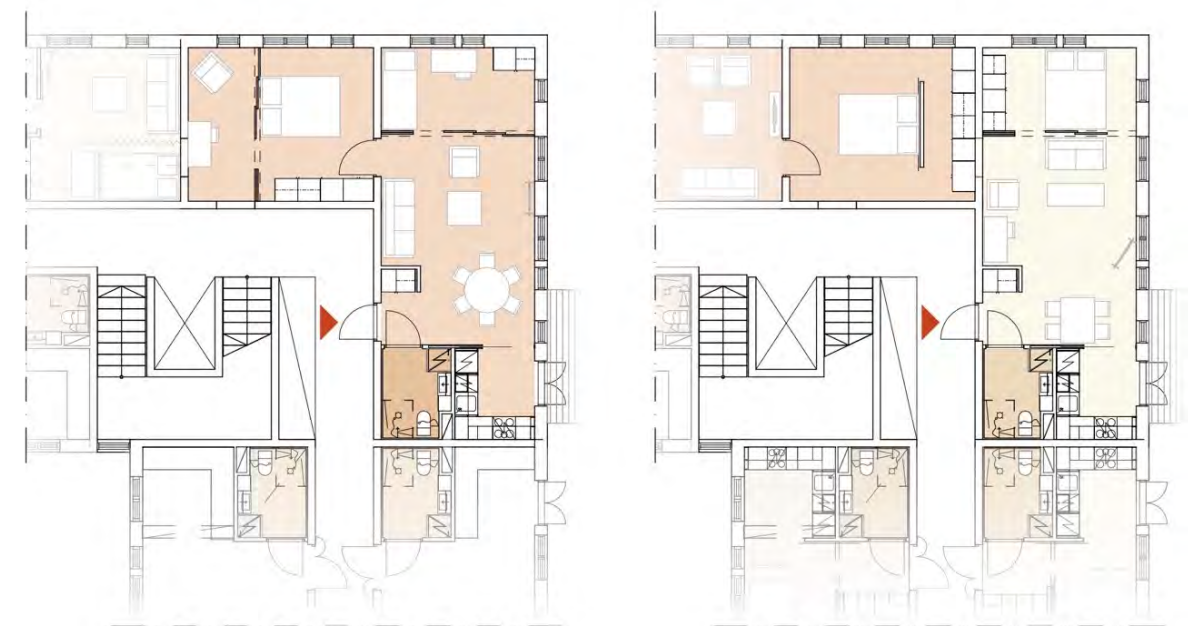
Lamellikerrostaloista koostuvissa kortteleissa on tilanteita, joissa jatkuvien, lyhyiltä sivuiltaan toisiinsa liittyvien, lamellien lisäksi tarvitaan tästä sovellettuja kulmalamelleja sekä asuntotyyppejä, jotka sijoittuvat lamellien pätyihin mahdollistaen avautumisen kolmeen ilmansuuntaan.

Kulmalamelliratkaisuita tutkittiin kuvitteellisen kerrostalon suunnittelutyön yhteydessä kahden periaateratkaisun avulla. Toisessa ratkaisussa kaksi lamellia liittyy toisiinsa muodostaen kulmalamellin (kuva 51). Toinen kulmalamelliratkaisu muodostuu lamellin nurkkaan sijoittuvasta porrashuoneesta (kuva 52).

Kulmalamelleissa mitoitusperiaatteet noudattavat peruslamellin mukaisesti hankkeeseen valittua 3M-moduulimitoitusta. Vastaavasti kulmalamelleihin sijoittuvissa asunnoissa on toteutettavissa joustavuusominaisuuksia, kuten esimerkiksi kytköhuoneen avulla tapahtuvia huoneistojaon muutoksia (kuvat 53 ja 54).

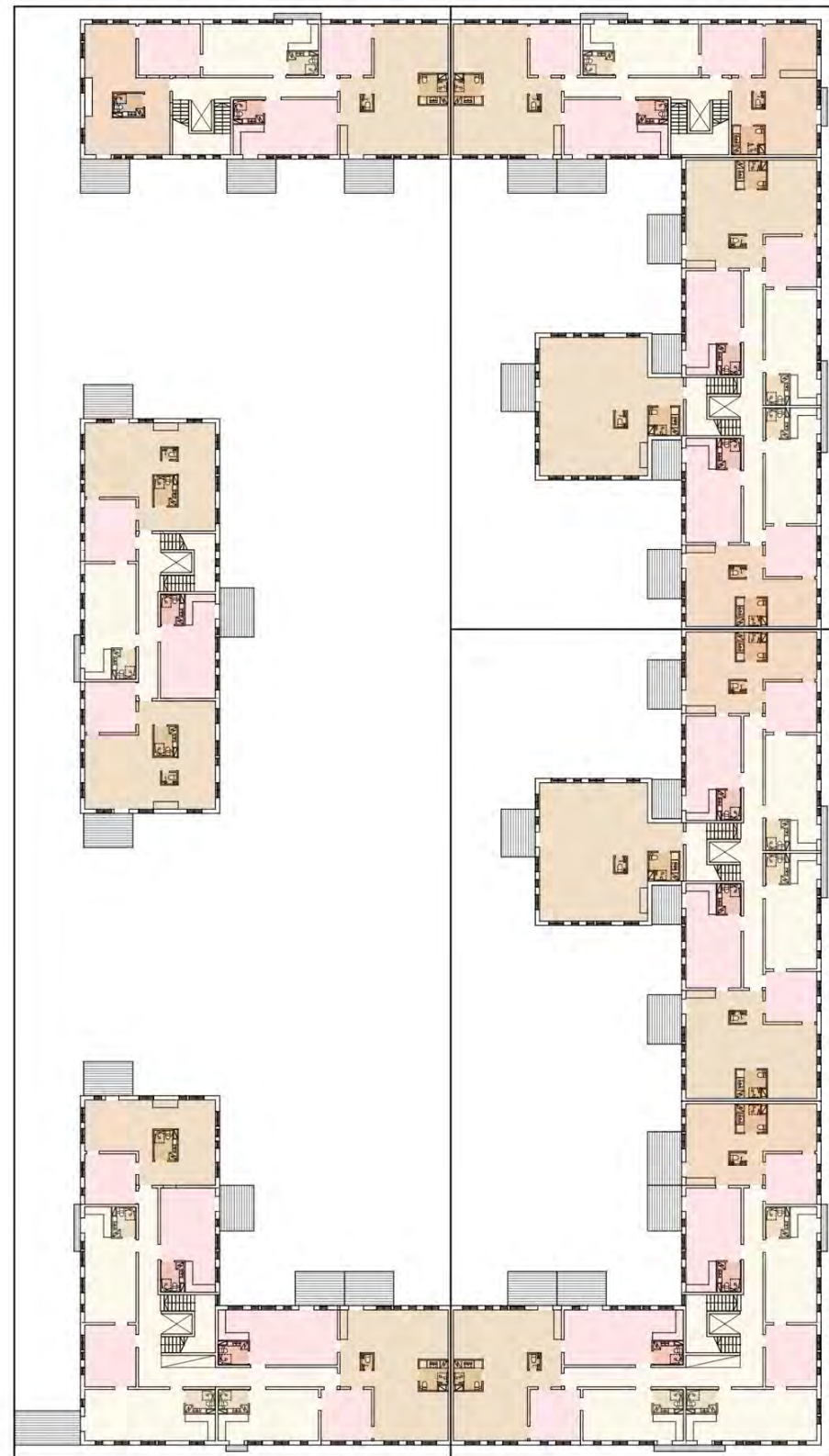


Kuva 53. Asuntotyyppivariaatioita kahdesta lamellista muodostuvaan kulmalamelliratkaisuun. Huoneistojakaumaa on mahdollista varioida rakennuksen elinkaaren aikana kytköhuoneen avulla.



Kuva 54. Asuntotyyppivariaatioita yhden porrashuoneen kulmalamelliratkaisuun. Huoneistojakaumaa on mahdollista varioida rakennuksen elinkaaren aikana kytköhuoneen avulla.

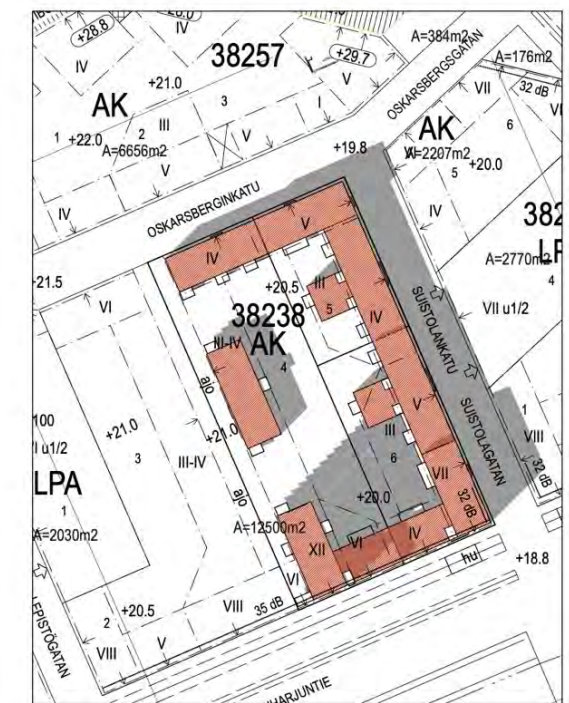
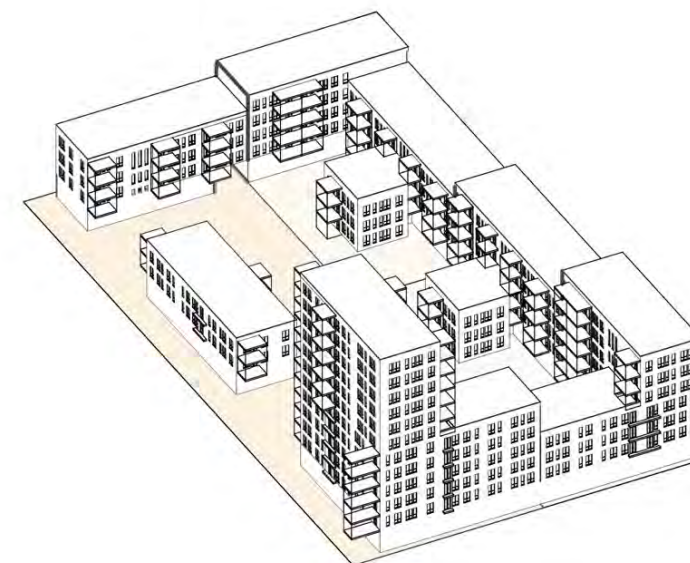
7.3 Kuvitteellisen kerrostalon sovellettavuus



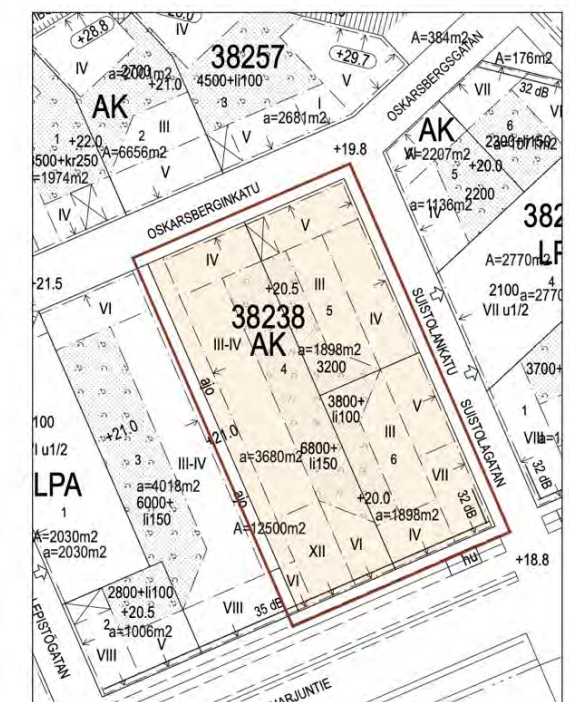
Kuva 55. Nallenrinteen tonttisolitus: Korttelin peruserkerros.

Vaikka työ keskittyi ensisijaisesti kuvitteellisen kohteen teknisten ja toiminnallisten elinkaariominaisuuksien tarkasteluun, suunnitelmaa sovellettiin sen työstämisen aikana kokeellisesti kahteen ajankohtaisesti kehitettävään tonttiin kasvukeskuksissa, Helsingissä ja Tampereella. Tontit valittiin keskusteluilla kaupunkien asiantuntijoiden kanssa. Kokeilulla varmistettiin, että kuvitteellinen kohde soveltuu todellisiin, kaavallisesti ja kaupunkirakenteellisesti erilaisiin konteksteihin.

Ensimmäinen tonttisolitus muodostettiin Helsingin Malmin Nallenrinteeseen, joka muodostaa Malmin entisen lentokenttäalueen ensimmäisen rakentamisvaiheen ja sijoittuu Malminkentän eteläosaan. Nallenrinteen asemakaavan rakennusalueiden mitoitus vastasi hyvin kuvitteellisen kerrostalon suunniteltuun runkosyvyyteen. Samalla kuvitteellisen kerrostalokohteen modulaarinen mitoitus mahdollisti lamellien pituuksien hienon variaation, jonka myötä kuvitteellisen kerrostalon ratkaisulla oli mahdollista saavuttaa asemakaavan massalliset tavoitteet.



Kuva 56. Nallenrinteen tonttisolitus: Havainnekuva.



Kuva 57. Nallenrinteen tonttisolitus: Ote asemakaavasta.

Kuva 58. Nallenrinteen tonttisolitus: Kortteliaksonometria.



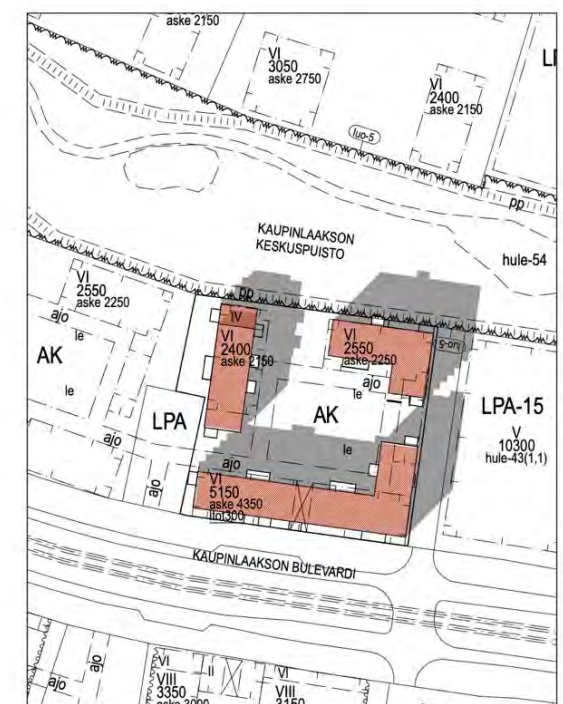
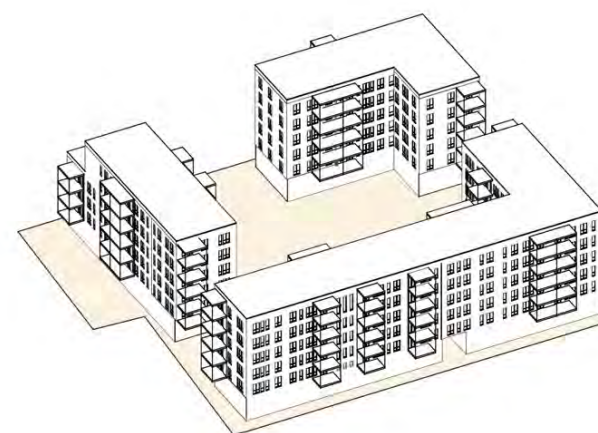
Kuva 59. Kaupinlaakson tonttisovitus: Korttelin peruserkerros.

Nallenrinteen tonttisovituksessa tunnistettiin muutamia suunnittelullisia haasteita. Niistä ensimmäinen liittyi parvekkeiden sijoitteluun asemakaavan mukaisesti. Nallenrinteen asemakaava edellyttää, että kaduille avautuvat parvekkeet toteutetaan sisäänvedettyinä. Tämän hankkeen yhteydessä parvekkeiden sisäänvetoa ei kuitenkaan ole tutkittu.

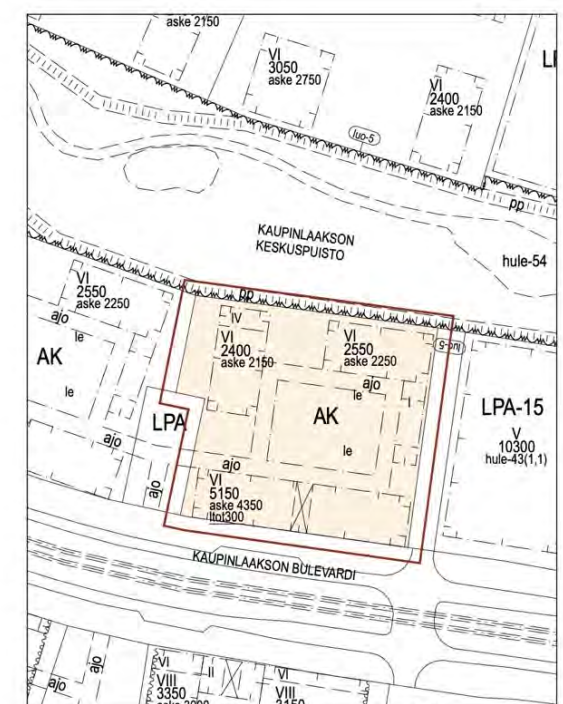
Toinen Nallenrinteen tonttisovitukseen liittyvä suunnittelullinen haaste liittyi tontin lounaiskulman ratkaisuun. Kiinteistön lounaiskulmassa on osoitettu VI-kerroksinen rakentamisalue, jota ei ratkaistu kuvitteellisen kerrostalon tonttisovituksessa tarkemmin. Tämä johtuu siitä, että alue sijoittuu lähelle viereisen tontin rakennusalaan, mikä saattaisi aiheuttaa haasteita esimerkiksi ikkunoiden sijoittelussa ja avautumisessa. Ratkaisu vaatisi lisätarkastelua erityisesti rakennusten välisten etäisyyksien ja huoneistojen avautumisen osalta. Lisätarkastelua ei toteutettu, sillä muu tonttisovitus osoitti kuvitteellisen kerrostalon sovellettavaksi tontille.

Toinen tonttisovitus muodostettiin Tampereen uuteen Kaupinlaakson kaupunginosaan. Alue on osa laajempaa Kaupin ja Linnainmaan väliin jäävää aluekehityskokonaisuutta. Kaupinlaakson asemakaavaluonnoksessa rakennusalojen mitoitukset on tarkoitettu kuvitteellista kerrostaloa syvempirunkoisille rakennusmassoille. Tästä syystä asemakaavan määrittelemillä rakennusalueilla on vaikea hyödyntää tällä kuvitteellisella kerrostalosuunnitelmalla koko sallittua rakennusoikeutta suurimpien sallittujen kerroslukujen puitteissa, ilman toistuvaa peruslamellia soveltavaa kulmamallia. Kaupinlaakson tonttisovituksessa tarkasteltiin kuvitteellisen kerrostalon kulmamalliratkaisuja, joiden avulla saavutettiin suurin asemakaavan sallima rakennusoikeus.

Myyös Kaupinlaakson tonttisovituksessa tunnistettiin parvekkeiden asemakaavan mukaiseen sijoitteluun liittyvä haaste. Asemakaavassa kaduille avautuvien parvekkeiden tulisi olla sisäänvedettyjä. Tämän hankkeen yhteydessä parvekkeiden sisäänvetoa ei kuitenkaan ole tutkittu.



Kuva 60. Kaupinlaakson tonttisovitus: Havainnekuva.



Kuva 61. Kaupinlaakson tonttisovitus: Ote asemakaavasta.

Kuva 62. Kaupinlaakson tonttisovitus: Kortteliaksonometria.

7.4 Elinkaariominaisuudet esille

Tarkastelu aihealueittain Talo 2000 -nimikkeistöä hyödyntäen

Seuraavassa perehdytään kuvitteellisen kerrostalon eri osien ja järjestelmien kautta elinkaariominaisuuksien toteuttamiseen hyödyntäen Talo 2000 -hankenimikkeistöä (RT 10-10962, 2009) tarkastelun järjestyksenä. Osio on jaettu seuraaviin aihealueisiin:

- runkojärjestelmät
- ulkoseinä- ja muut ulkovaipparakenteet
- tilaosat: jako-osat, tilapinnat ja tilavarusteet
- lämmitysjärjestelmät
- vesi- ja viemärijärjestelmät
- ilmanvaihtojärjestelmät
- sähköjärjestelmät.

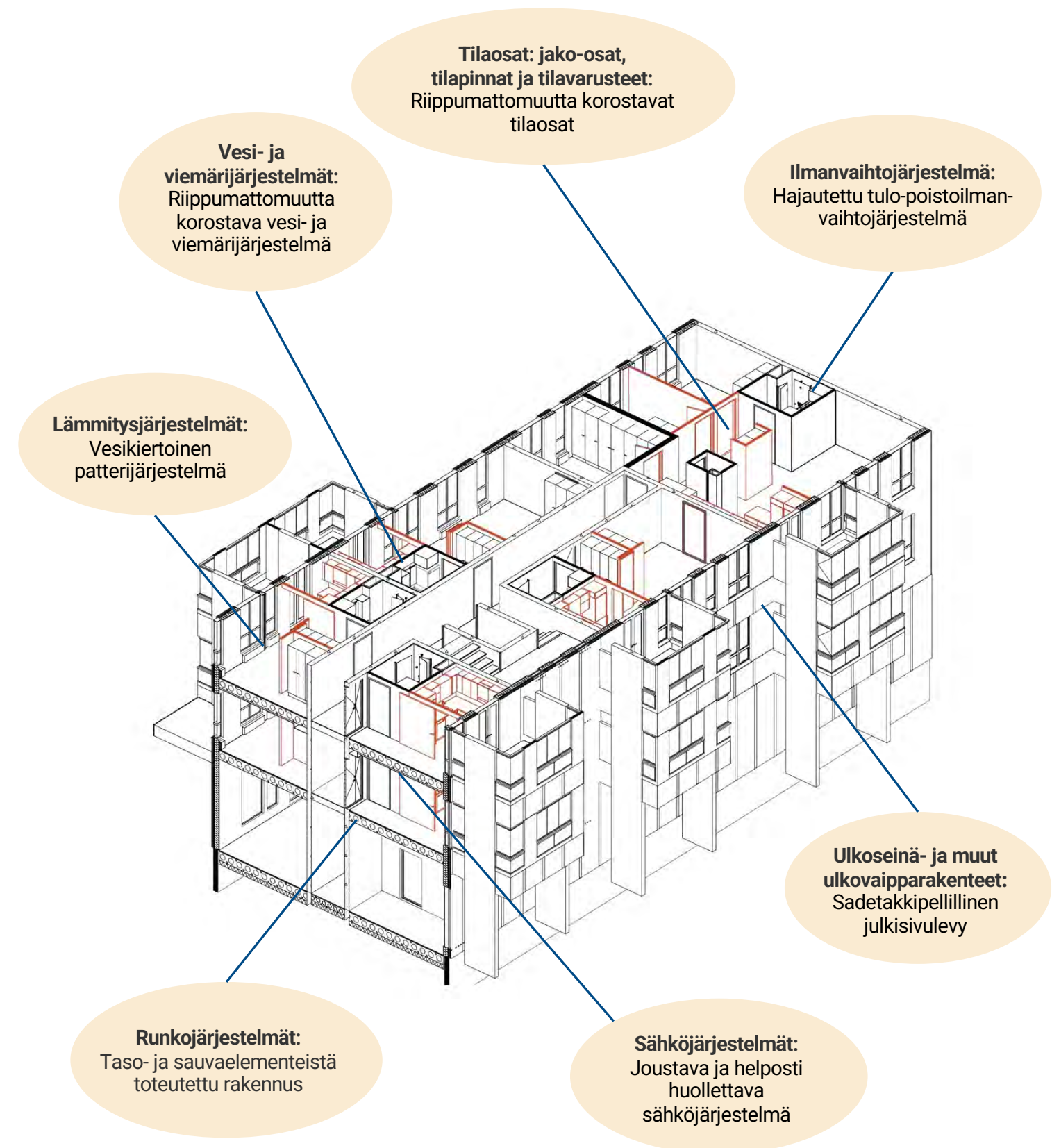
Jokainen aihealue etenee yhtenäisellä tavalla: aihealueen alussa esitetään keskeiset elinkaareen liittyvät näkökulmat ja tämän jälkeen kullekin aihealueelle esitetään pääosin kaksi toteutusvaihtoehtoa:

VE 1 VE1 – perusratkaisu, joka edustaa tavanomaista tai yleisesti käytössä olevaa ratkaisua.

VE 2 VE2 – ratkaisu, joka on valittu kuvitteelliseen kerrostaloon ja jonka suunnittelussa on erityisesti painotettu elinkaariominaisuuksia.

Tämän jälkeen aihealueesta esitetään havainnollistavia kuvia ja kuvauksia, jotka visualisoivat ja konkretisoivat elinkaariominaisuuksien toteuttamista kerrostalokohde- teessa. Kuten jo johdannossa mainittiin, jotkin kuvitteelliseen kerrostaloon valituista ratkaisuksista ovat edelleen kehitysvaiheessa (nämä on merkitty tähdellä). Niiden esiin tuominen on kuitenkin katsottu tärkeäksi, jotta aiheiden jatkokehitystä voidaan edistää.

On tärkeää huomioida, että hyvä rakentamistapa on elinkaariominaisuuksia korostavan suunnittelun läpileikkaava periaate ja lähtökohta kaikille esitetyille ratkaisuille. Seuraavissa esimerkkikuvissa ja piirustuksissa esitetään vain olennaisimpia huomioitavia seikkoja elinkaariominaisuuksien kannalta. Kuvien tarkoituksena ei ole esittää rakennuksesta täydellistä teknistä kokonaisuutta, vaan havainnollistaa konkreettisesti ne suunnittelun osa-alueet, jotka tukevat rakennuksen elinkaariominaisuuksia. On syytä korostaa, että samaan tavoitteeseen voidaan useimmiten päästä useilla eri suunnitteluratkaisuilla, joten esitetyt mallit eivät kata kaikkia mahdollisia vaihtoehtoja.



Kuva 63. Elinkaariominaisuuksia on koottu yhteen kuvitteellisen kerrostalon avulla aihealueittain, jotka pohjautuvat Talo 2000 -nimikkeistöön.

7.5 Runkojärjestelmät

Rakennuksen runkojärjestelmä tarkoittaa rakennuksen kantavien rakenteiden muodostamaa kokonaisuutta, jonka tehtävänä on siirtää kantavista rakenteista ja muista rakenneosista välittyvät kuormitukset perustusten kautta maaperään. Runkojärjestelmä voi olla yhtä perustyyppiä tai erilaisten runkotyyppien yhdistelmä. Runkojärjestelmätyppejä on useita erilaisia, kuten pilari-palkki-järjestelmä, kantavat julkisivut, pilari-laatta-järjestelmä ja niin edelleen. Runkojärjestelmä pitää rakennuksen vakaana ja jäykänä, mutta määrittää myös rakennuksen muotoa, kerrokorkeutta ja tilaratkaisuja. (Ratu KI-6020, 2011.)

Tärkeimmät huomioid elinkaariominaisuuksien kannalta

Säilyvyyden osalta runkojärjestelmän valinta ja siitä juontavat rakenneratkaisut ja materiaalivalinnat voivat vaikuttaa heikentävästi muun muassa rakenteiden vikasietoisuuteen ja esimerkiksi vaurioitumisherkyyden kannalta kestävimät ratkaisut eivät ole aina mahdollisia. Nämä seikat tulee ottaa huomioon esimerkiksi rakenteiden kosteusteknisen toiminnan suunnittelussa ja korjattavuuden arvioinnissa.

Valittu runkojärjestelmä määrittää suoraan rakennuksen sisätilojen **joustavuutta**. Joustavia tiloja voidaan toteuttaa monenlaisilla erilaisilla runkorakenteilla ja -järjestelmillä. Oleellista ei ole rungon tyyppi, vaan se, että tavoitellut tilan muunto- tai käyttövaihtoehdot on testattu toimiviksi valitussa runkojärjestelmässä. Runkojärjestelmän valinnassa ja mitoituksessa tulee siis ennakoiden huomioida toiminnalliset, esimerkiksi joustavuuteen liittyvät tavoitteet. Toisaalta, pilari-laatta -rakenne antaa suurimmat mahdollisuudet toteuttaa myös ennakoimattomia huone- tai huoneistomuunnoksia rakennuksen elinkaaren aikana.

Rakennuksen rungon osat, kuten pilarit, palkit tai laatat eivät altistu suoraan sääolosuhteille, minkä ansiosta ne säilyvät käyttökelpoisina rakennuksen elinkaaren yli. Lisäksi rungon komponentit ovat usein valmistettu materiaaleista, joilla on pitkä tekninen käyttöikä, mikä tekee niistä erityisen sopivia **uudelleenkäyttöön**, mikäli liitostekniikka ja purkutapa sen mahdollistavat. Perinteisesti runkojärjestelmä on suunniteltu rakennuksessa pysyväksi rakenteeksi ja liitoksissa on maksimoitu osien integroituminen. Uudelleenkäytettävyys muuttaa runkojärjestelmän suunnittelun logiikkaa: ei enää korosteta vain rungon ja liitosten lujuutta, vaan myös osien irrotettavuutta. Lisäksi uudelleenkäytettävän runkojärjestelmän mitoitus standardoidaan (Luku 5.2.4). Hybridiratkaisut, kuten puurunkoisen vaipan ja kantavan betonirungon käyttö, eivät ole poissuljettuja, vaan voivat jopa helpottaa ehjänä purkamista.

Runkojärjestelmä on rakennuksen pitkän elinkaaren varmistaja muuttuvissa olosuhteissa ja keskeinen tekijä joustavuuden mahdollistamisessa. Runkojärjestelmän uudelleenkäytettävyydessä merkittävään asemaan nousevat liitokset.

VE1

Tyypillinen runkojärjestelmä

Tavanomainen asuinkerrostalo rakennetaan Suomessa betonielementeistä. Rakentamistavassa keskeiset rakennetekniset komponentit ovat ontelolaatat, massiivirakenteiset porrashuonelaatat, kantavat massiivirakenteiset väliseinät, sekä kantavat betonirakenteiset ulkoseinät. Usein ulkoseinät ovat ns. sandwich elementtejä, eli niihin on integroitu betonirakenteinen julkisivu. Kantavilla seinillä on useimmiten jäykistäviä tehtäviä.

Tavanomaisen betonielementtirakennuksen yksityiskohdat tekevät sen ehjänä purkamisen ja uudelleenkäytön vaikeaksi. Elementtien liitoksissa tavoitteena on mahdollisimman integroitunut rakenne, mistä seuraa, että niiden irrottaminen ja puhdistaminen on työlästä. Huomattava osa komponenteista on yksilöllisiä, sillä käytössä ei ole rakennusjärjestelmää, joka koostuu monikäyttöisistä ja vakioimittaisista komponenteista. Lisäksi suunnittelukäytäntö, jossa ontelolaatat lepäävät kantavien seinien päällä, johtaa seinän yläosassa vaihteleviin muotoihin. Kantavien seinien väliin sijoittuvan ontelolaatan pää täytyy vahvistaa onteloihin muodostuvilla juotosvalutulvilla, jolloin pään irrottaminen ja onteloiden puhdistaminen uutta käyttökertaa varten aiheuttaa runsaasti työtä. Lisäksi nykyiset suunnittelukäytännöt, esimerkiksi sandwich-elementtien sitominen ontelolaattojen kylkeen ja talotekniikan läpiviennit, voivat edellyttää rakenteiden rikkomista jo ensimmäisessä rakentamisvaiheessa.

VE2

Purettavaksi ja uudelleenkäytettäväksi suunniteltu runkojärjestelmä

Purettavaksi ja uudelleenkäytettäväksi suunnitellussa rakennuksessa on tavoitteena, että rakennus voidaan purkaa osiksi mahdollisimman vaivattomasti ja uudelleenkäytettäviä osia vahingoittamatta. Siinä käytetään rakennusjärjestelmää, jonka rakennusosat ovat vakioimittaisia ja mahdollisimman vähän räätälöityjä, sekä kestävät uudelleenkäytön (luku 5.2.6). Lisäksi erilaisten materiaalien, liitosten, työtapojen ja komponenttien määrä minimoidaan. Kustannustehokkaasti osiksi purettavan, sekä yksinkertaisen ja monikäyttöisen rakennusjärjestelmän avulla pyritään siihen, että uudelleenkäytettävien komponenttien kysyntä on mahdollisimman hyvä ja siten uudelleenkäyttö todennäköistä. Vaikeasti purettavia ja yksilöllisiä erikoisrakenteita, kuten ulokeparvekkeita tai kylpyhuoneiden ontelolaattasyvennyksiä vältetään.

Kuvitteellinen kerrostalo on taso- ja sauvaelementeistä toteutettu rakennus, sillä tällainen rakennustapa on tilaelementtejä joustavampi vaihteleviin tilasuunnittelun vaatimuksiin. Osina purettavuutta pyritään helpottamaan suunnittelemalla pintarakenteet mahdollisimman helposti irrotettavaksi. Lisäksi tutkijat kehittävät betonielementeille helpommin irrotettavia liitoksia, jotka perustuvat esimerkiksi juotosvalun tartunnan heikentämiseen ja mekaanisiin liitoksiin (Luku 5.2.1). Yksi keskeisistä ratkaisuista on kannattaa ontelolaatan seinä kantavan seinän kylkeen sijoittuvalta tuelta, jolloin helpotetaan laatan irrottamista ja vähennetään kantavien seinien räätälöintiä. Rakennuksen vaippa suunnitellaan kevytrakenteisista elementeistä, mikä mahdollistaa niiden irrottamisen. Lisäksi talotekniikka pyritään suunnittelemaan siten, että sen toteuttaminen ei heikennä rakenteen uudelleenkäytettävyyttä. Tämä on mahdollista esimerkiksi läpivientejä keskittämällä.



Kuvitteelliseen kerrostaloon valittu ratkaisu

VE2 Rungon yleissuunnitteluperiaatteet

Pohjakaavioon on koostettu olennaiset yleissuunnittelun periaatteet. Olennaisena tavoitteena on suunnitella runko siten, että se on toteutettavissa mahdollisimman vähän räätälöidyillä ja standardimittaisilla rakennusosilla. Samalla pyritään välttämään epäjatkuvuuskohtia, jotka tyypillisesti edellyttävät työmaalla toteutettuja rakenteita. Toisaalta runko jaetaan keskenään mahdollisimman riippumattomiin vyöhykkeisiin. Näin maksimoidaan samankaltaisten ja keskenään yhteensopivien komponenttien määrä, minimoidaan uudelleenkäytettäväksi kelpaamattomien komponenttien määrä sekä luodaan edellytykset kustannustehokkaalle osiin purkamiselle. Kuvassa 64 on kuvattu tarkemmin rungon yleissuunnittelussa sovelletut periaatteet.

Kuva 64. (oikealla) Rungon pohjakaavio.

1. Rakenteet on yleissuunnittelutasolla organisoitu ensisijaisesti niiden toiminnallisten vaatimusten ja niistä johtuvien toisistaan poikkeavien rakenneteknisten vaatimusten perusteella. Ulkovaippa on toteutettu kevytrakenteisena, sillä se on säärasitukselle alttiina ja sen käyttöikä voi olla lyhyempi kuin muun rakenteen, mikä edellyttää helppoa vaihdettavuutta. Porrashuone suunnitellaan omana vyöhykkeenään sillä siihen kohdistuvat äänitekniset vaatimukset edellyttävät massiivirakenteen käyttöä. Kylpyhuoneiden alueella vedeneristys ja vaakaviemärointi edellyttävät poikkeavia ja suhteellisen pysyviä rakenteita, joista on esitetty tarkempi piirros (ks.kuva 110).
2. Rungon mitoitusperiaatteen lähtökohtana on 10 sentin perusmoduuli M. Rungon suunnittelun lähtökohtana on 3M-moduuliverkkoon sovitettu ontelolaattakenttä. Tämän lisäksi huomioidaan ontelolaattakentän reunavalujen mitat, jotka on huomioitu seinäelementtien mitoituksessa. Koska seinäelementtien paksuudet ja ontelolaatan reunavalujen vaatima tila poikkeavat 3M-moduuliverkosta, runkoon muodostuu vähäisiä epäjatkuvuuskohtia.
3. Komponenttien yksinkertaistamiseksi ja räätälöinnin minimoimiseksi talotekniikan nousuhormit pyritään keskittämään asunnoittain. Tässä kohteessa nousuhormien läpivientejä varten leikataan ontelolaattaan aukko, joka sijoitetaan laatan päädyn alueelle. Näin maksimoidaan uudelleenkäytettäväksi jäävän ontelolaatan määrä. Lisäksi talotekniikan nousuhormit sijoitetaan kuivan tilan vastaisen seinän puolelle, jolloin viemärinousut ja ilmanvaihtoputket ovat huollettavissa ja vaihdettavissa kylpyhuoneiden vesieristeitä rikkomatta.

1. Rakenteiden organisointi vyöhykkeisiin

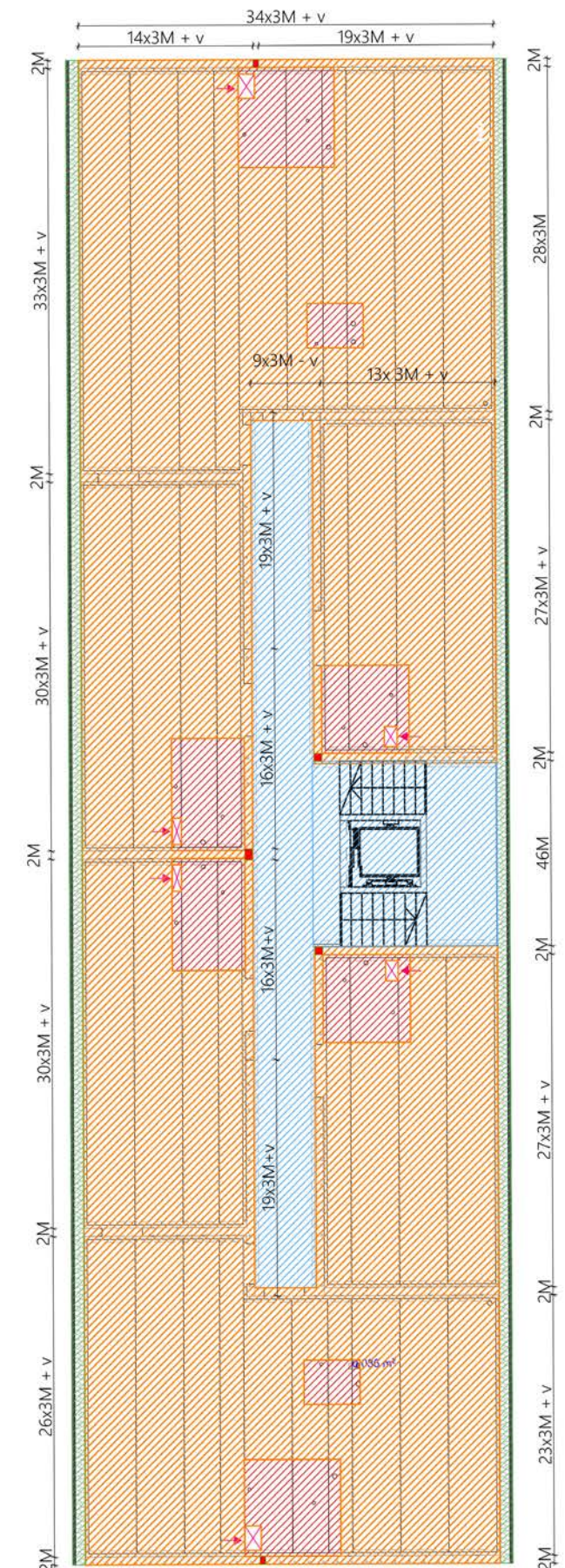
-  Runko - Asunnot - Muuttuva
-  Runko - Asunnot - Kylpyhuone
-  Runko - Porrashuone
-  Vaippa

2. Rungon moduulimitoitus

- M = Perusmoduuli 100mm
- v = Ontelolaattakentän asennuksen vaatima tila
-  Epäjatkuvuuskohta seinäelementtien välillä

3. Talotekniikan nousuhormien sijainti

-  Saavutettava suunta huolto- ja vaihtotilanteissa
-  Talotekniikan nousuhormien läpivientien sijainti
-  Viemärin läpivienti ontelolaatassa



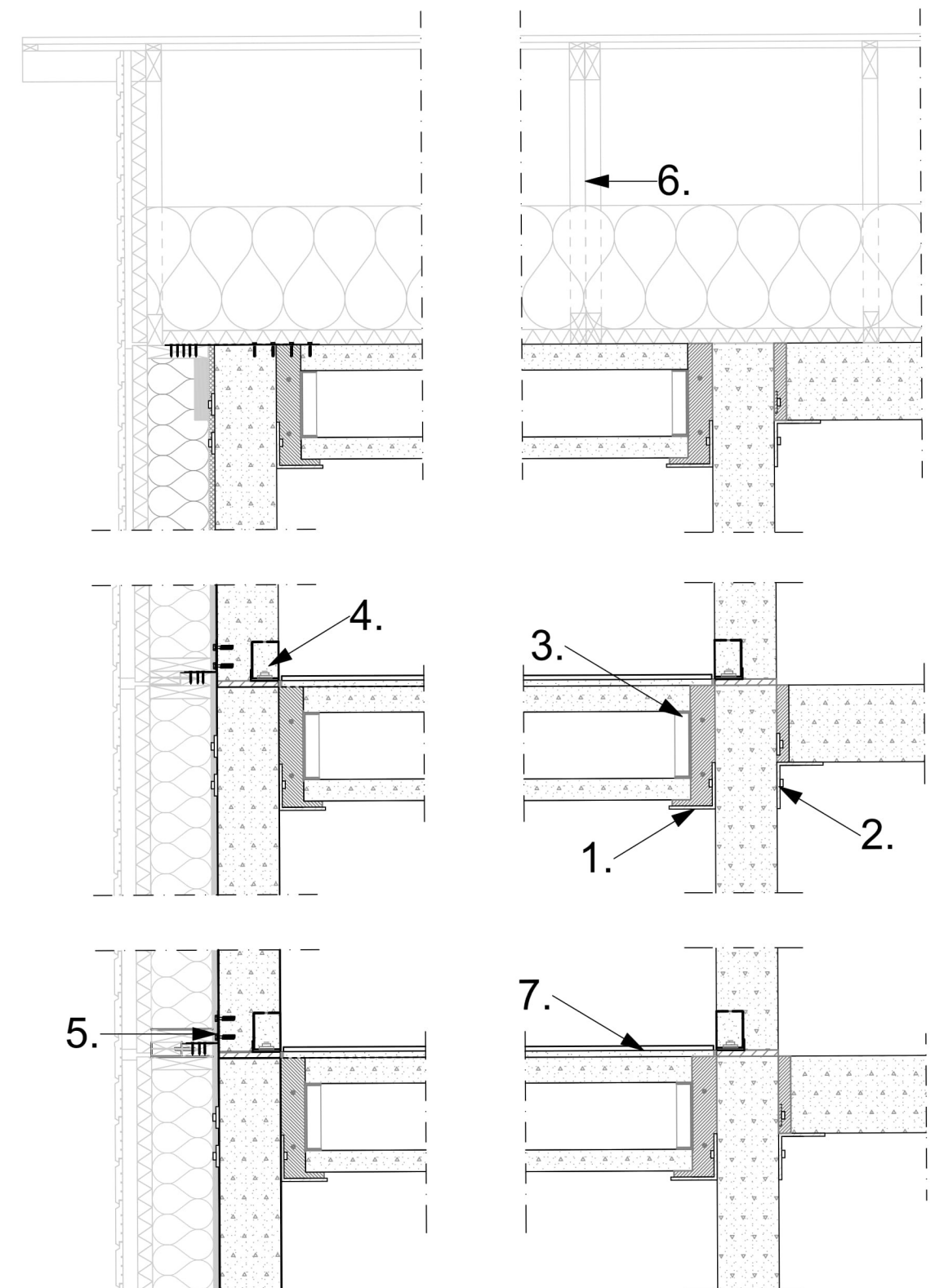
VE2 Runko ja sen liitokset

Leikkaukseen on koostettu olennaiset rakennetekniset yksityiskohdat ehdotetusta purettavaksi suunnitellusta rungosta. Kantavan rungon osat on pyritty liittämään toisiinsa siten, että niiden irrottaminen ei aiheuta merkittäviä henkilökustannuksia ja hidasteita purkutyömaalle, osat eivät vaurioidu rakentamisen ja purkamisen yhteydessä ja liitokset voidaan käyttää uudelleen. Näitä tavoitteita tukevat esimerkiksi pulttiliitokset kantavissa seinissä ja elementtirakenteisen puuvaipan käyttö. Välipohjarakenteessa kannatus ja sidonta on suunniteltu siten, että ontelolaattojen nopea irrottaminen kiilaamalla on mahdollista.

Huomaa, että osa liitoksista on kehitysvaiheessa. Vaikka niiden ideoinnissa on pyritty noudattamaan vallalla olevia standardeja ja niitä on tarkasteltu myös laskennallisesti, niiden soveltaminen edellyttää kokeellista tutkimusta. Jatkokehitystä vaativat rakenteet on merkitty tähdellä (*).

Kuva 65. (oikealla) Detaljileikkaus ontelolaattojen pituussuuntaan.

1. Kantavien seinien kylkeen asennetaan L-teräkset ontelolaattojen kannattamista varten.*
2. L-terästen kiinnitys kantaviin seiniin suunnitellaan irrotettavaksi ja riittävän joustavaksi erilaisiin rakenneteknisiin tarpeisiin.*
3. Ontelolaatan siirtyminen sivusuunnassa irrotusvaiheessa mahdollistetaan estämällä juotosvalun pääsy ontelolaatan onteloihin.*
4. Seinät liitetään toisiinsa pulttiliitoksilla. Liitos tiivistetään helposti irrotettavalla massalla.
5. Kevytrakenteinen ulkoseinäelementti on mahdollista ankkuroida helposti irrotettavilla kiinnikkeillä, jotka eivät myöskään heikennä kantavan rungon suorituskykyä.
6. Kevytrakenteinen elementtikatto mahdollistaa nopean asennuksen ja irrottamisen.
7. Lattiatasoitus toteutetaan kelluvana helpon irrotettavuuden mahdollistamiseksi.



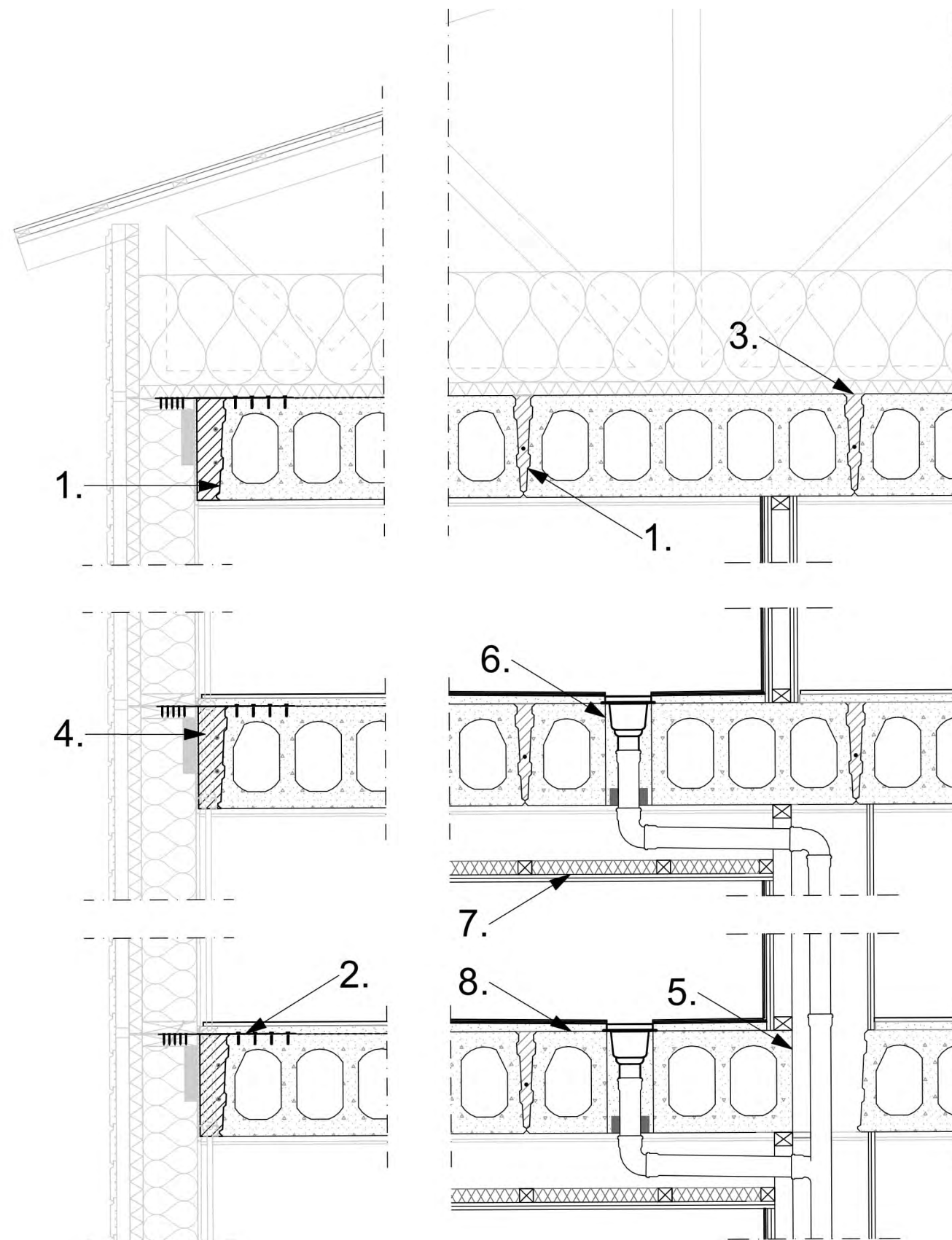
VE2 Runko ja sen liitokset

Leikkaukseen on koostettu olennaiset rakennetekniset yksityiskohdat ehdotetusta purettavaksi suunnitellusta rungosta. Kuva havainnollistaa, että uudelleenkäytettävyyden edistäminen vaatii useiden keskenään yhteensopivien rakennetekniikan ja talotekniikan ratkaisujen yhtäaikaista kehittämistä. Esimerkiksi läpivientien suunnittelu siten, että ne heikentävät mahdollisimman vähän rakenteiden suorituskykyä ja uudelleenkäytettävyyttä edellyttää yhteensovittamista. Lisäksi kuva 66 osoittaa, että useita ehjänä purkamista ja uudelleenkäyttöä tukevia ratkaisuja on jo käytössä. Alan kehittyessä purettavaksi suunnittelun tavoitteeseen voi päästä valitsemalla systemaattisesti sitä tukevia ratkaisuja.

Huomaa, että osa liitoksista on kehitysvaiheessa. Vaikka niiden ideoinnissa on pyritty noudattamaan vallalla olevia standardeja ja niitä on tarkasteltu myös laskennallisesti, niiden soveltaminen edellyttää kokeellista tutkimusta. Jatkokehitystä vaativat rakenteet on merkitty tähdellä.

Kuva 66. (oikealla) Detaljileikkaus ontelolaattojen poikittaissuuntaan.

1. Ontelolaattojen reuna ja saumavalujen tartuntaa heikennetään mekaanisen irrottamisen mahdollistamiseksi.*
2. Kevytrakenteinen ulkoseinäelementti on mahdollista ankkuroida helposti irrotettavin kiinnikkein, jotka eivät myöskään heikennä kantavan rungon suorituskykyä.
3. Yläpohjan ontelolaattojen sauman kosteussulku toteutetaan siten, että se ei vaikeuta irrottamista ja myöhempää käyttöä.*
4. Pattereiden nousulinjojen läpiviennit toteutetaan siten, että ne eivät riko ontelolaattojen kylkeä ja siten heikennä niiden suorituskykyä.
5. Talotekniikan nousuhormeja varten tehdyt avaukset, jotka vaikuttavat ontelolaattojen suorituskykyyn, sijoitetaan ontelolaattojen päihin. Tällä pyritään pitämään uudelleenkäyttöaste mahdollisimman korkeana.
6. Kylpyhuoneiden viemäreiden läpiviennit sijoittuvat onteloiden kohdalle. Läpivientien määrä ja tiheys suunnitellaan valmistajan ohjeen mukaan siten, että niiden kantavuus säilyy.
7. Kylpyhuoneiden vaakasuuntaisille viemäreille toteutetaan ontelolaatan alapuolelle kevytrakenteinen kotelointi ja muut ääni- ja palotekniset vaatimukset täyttävät ratkaisut.
8. Kylpyhuoneen kaatovalut toteutetaan kelluvana ontelolaatan päälle helpon irrotettavuuden mahdollistamiseksi.*



VE2 Runko ja sen liitokset

Hankkeessa tehtiin rakenneteknistä tarkastelua ja etsittiin rakennuksen suunnittelua rajaavia tekijöitä. Hankkeelle luotiin laskentamalli RFEM 5 -ohjelmaa käyttäen, ja sitä täydennettiin suunnitteluperusteisiin kirjatulla lähtötiedoilla. RFEM- tulosten perusteella suoritettiin elementtirakenteiden liitosten laskentaa. Laskelmat perustuvat eurokoodeihin SFS-EN 1990–1999 sekä näiden standardien Suomen kansallisiin liitteisiin.

Suunnitteluperusteiden raja-arvoja:

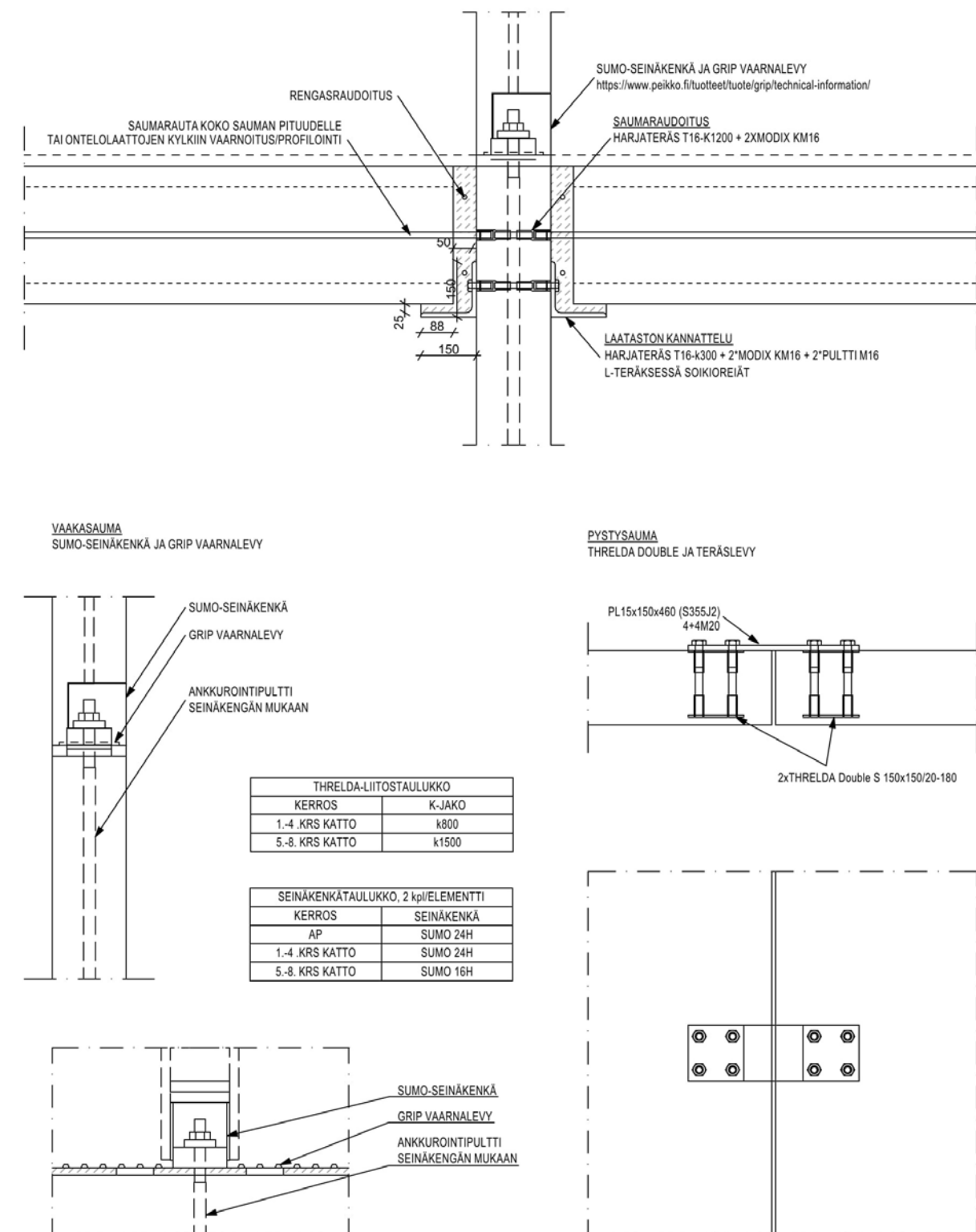
- Välipohjarakenteena ontelolaatta O37 + 20 mm plaanovalu
- Tuulikuormat määritetty maastoluokan II mukaan (0, I, II, III, IV)
- Maanpinnan lumikuormana käytetty $s_{Ek} = 2,8 \text{ kN/m}^2$

Reunaehdot laskentaan:

- Pisin ontelolaatan jänneväli 10,3 m
 - Sisältää 1,8 m levyisen kylpyhuoneen ontelolaatan päässä
- Välipohjan paino $5,6 \text{ kN/m}^2$ (ontelolaatta + plaano)
- Kylpyhuonesyvennyksen paino $9,25 \text{ kN/m}^2$
- Hyötykuorma välipohjalle $2,5 \text{ kN/m}^2$ (hyötykuorma + kevyet väliseinät)
- Ontelolaattojen rengasraudoitukset normaalin rakennustavan mukaisesti
- Ontelolaattojen saumaraudoitus onnettomuusrajatilan mukaisesti
 - Seinäliitoksena harjateräs/kierretanko T16 sekä Modix-jatkokset k1200 jaolla (ontelolaattajako)
- Ontelolaattojen saumojen leikkausjännitys $\max 0,15 \text{ N/mm}^2$
- Seinien vaakaliitokset seinäkengillä + pulteilla
 - Oletetaan vastaanottavan leikkausvoimaa (<https://www.peikko.fi/tuotteet/tuote/grip/technical-information/>)

Laskelmien tuloksia:

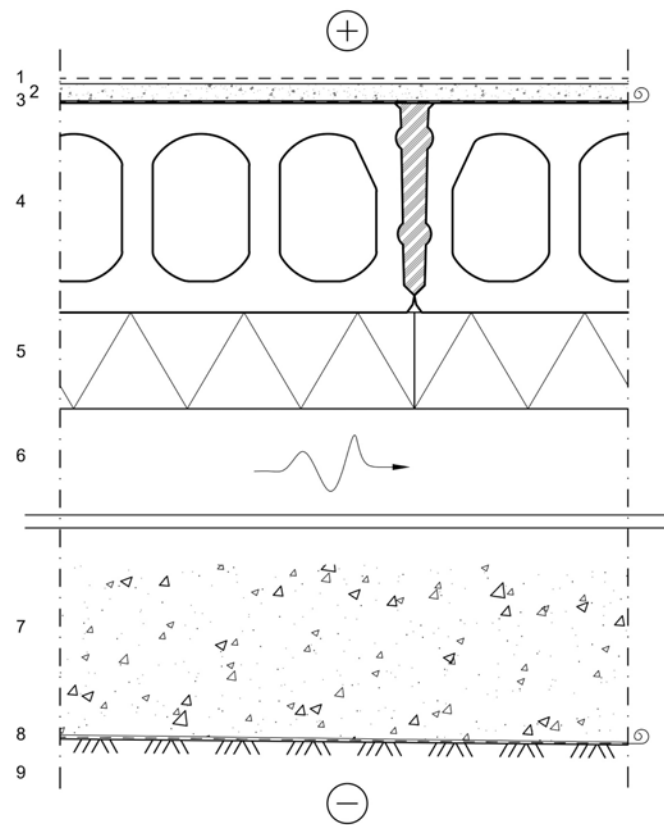
- Ontelolaatan tuenta seinään L-teräksellä L150x150x12
 - L-teräksen kiinnitys seinään harjateräs/kierretanko T16 sekä Modix jatkokset k300 jaolla
- Seinien vaakaliitos, seinäkengät seuraavasti:
 - Alapohja – 4. krs katto SUMO 24H
 - 5.–8. krs katto SUMO 16H
- Seinien pystyliitos, Threla kiinnitykset seuraavasti:
 - 1.–4. krs katto k800 jako
 - 5.–8. krs katto k1500 jako
- Ontelolaattojen leikkausjännitys $0,02–0,04 \text{ N/mm}^2$, joka on vähemmän kuin sallittu raja-arvo



Kuva 67. Seinän ja laatan liitosdetaljeja.

VE2 Alapohjat

Rakenneyksityiskohtien toteutuksessa korostuu ilmatiiviiden merkitys. Tällä ehkäistään hallitsemattomien ilmavuotojen haitallisia vaikutuksia, kuten sisäilman kosteuden haitallista kulkeutumista ja kerääntymistä ulkovaipparakenteiden ulompiin osiin sekä hallitsemattomien ilmapuhtausten mukana kulkeutuvien hajujen ja epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan. Valittu alapohjarakenne myös kestää esimerkiksi salaojajärjestelmän vikaantumisen tai tulvimisen seurauksena tapahtuvan väliaikaisen veden kerääntymisen alapohjan ryömintätilaan vaurioitumatta.

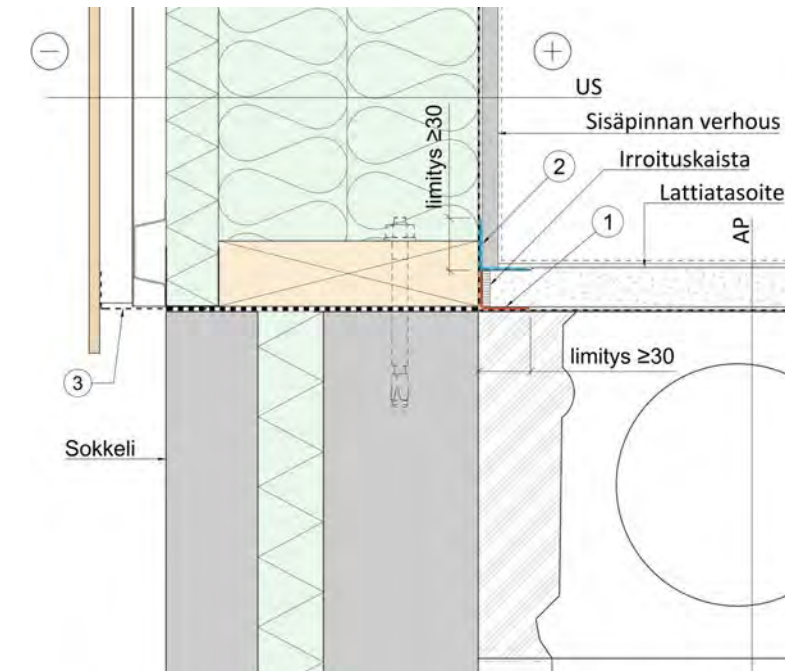
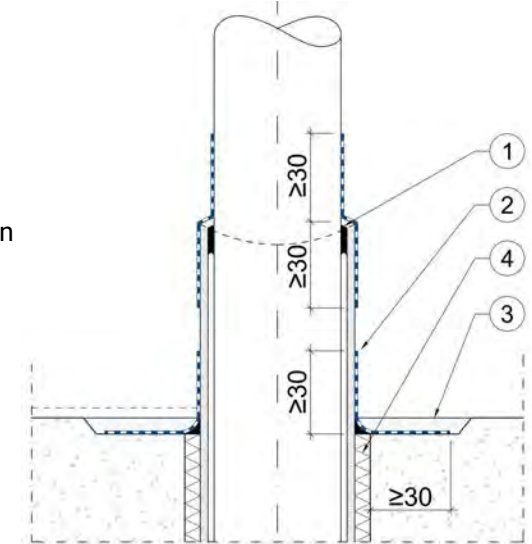


Kuva 68. Tuulettuva alapohja yleensä.

- 1 Pintamateriaalit huoneselostuksen mukaan
- 2 Itsetasoittuva lattiatasoite, reunassa joustava erotuskaista
- 3 Diffusioavoin erotuskangas, tiivistetään erotuskaistaan
- 4 Ontelolaatta rakennesuunnitelman mukaan, läpiviennit onteloiden kohdalle max. 150 mm, max. 2 kpl vierekkäin, kolmen reiän sisimmäisten reunojen välinen etäisyys vähintään 2500 mm (liittymien ilmatiiviys varmistetaan esim. siveltävällä tiivistystuotteella)
- 5 Solupolystyreenilevy
- 6 Tuulettuva alapohja
- 7 Kapillaarikatko/salaojituskerros, sepeli Ø 6-32 mm
- 8 Suodatinkangas tarvittaessa
- 9 Perusmaa, kallistus salaojiin 1:50

Kuva 69. Läpivientien tiivistysperiaate.

1. Putkien välisen raon täyttö joustavalla saumamassalla.
2. Ilmatiiveyden parantaminen vedeneristysmateriaalilla.
3. Lattian tasoitus nopeasti kuivuvalla lattiatasoiteella materiaalikortin mukaan. Uudet lattiapäällysteet rakennetyyppien mukaan.
4. Lattian ja läpiviennin väliseen rakoon M1-luokan joustava saumamassa, suurempiin yli 20 mm rakoihin pohjalle joustava M1-luokan polyuretaanivaakto. Palo-osastoiduilla alueilla käytetään palosuojatuotteita.



Kuva 70. Lattia- ja seinärakenteen liittymän tiivistys.

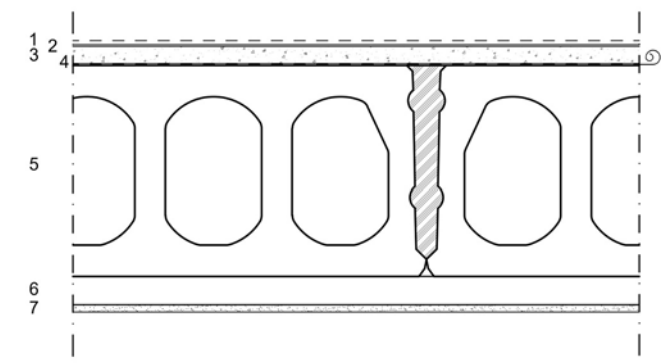
1. Liittymän tiivistäminen liitosnauhalla kankaan pinnasta höyrynsulun pintaan.
2. Pintarakenteen tiivistäminen vedeneristeellä tai liitosnauhalla tasoitepinnalta höyrynsulun pintaan.
3. Julkisivun alaosaan asennetaan tuuletuksen mahdollistava rei'itetty pelti

VE2 Välipohjat

Välipohjien suunnittelussa on huomioitu huoneistokohtaisten vesivahinkojen mahdollisuus. Mahdollisten vesivahinkojen seurauksena lattiapinnalla leviävän veden hallitsematonta kulkeutumista ympäröiviin asuntoihin ja vaikeasti korjattaviin rakenteisiin pyritään ehkäisemään lattian ja seinän välisten liittymien tiivistyksillä.

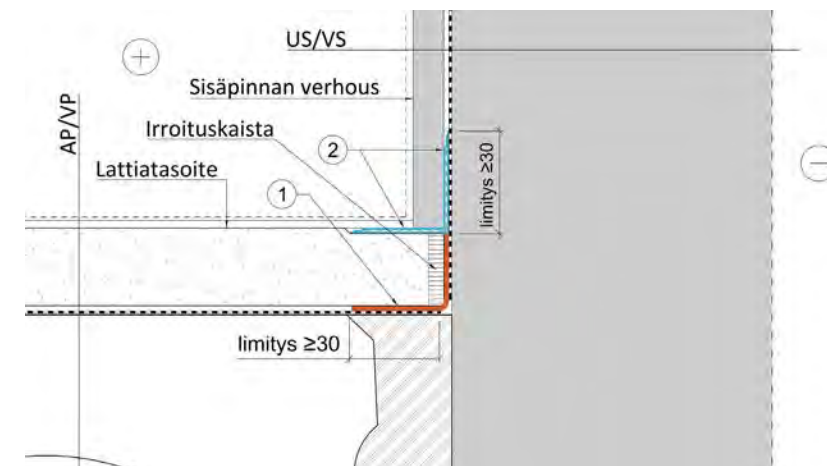
Tekniikkakuilun osalta huomiota on kiinnitetty talotekniikan putkistojen tarkastettavuuteen ja korjattavuuteen. Kuilun asennukset ovat helposti saavutettavissa kuivan tilan puolelta kylpyhuoneen vedeneristeitä rikkomatta mahdollisimman vähäisin purkutöin.

Välipohjarakenteen alapinnan koolaus mahdollistaa tekniikka-asennusten helpon uusi-
misen ilman merkittäviä purkutöitä sekä mahdollistaa osaltaan tilojen muunneltavuutta muun muassa valaisinpisteiden muutosten osalta.



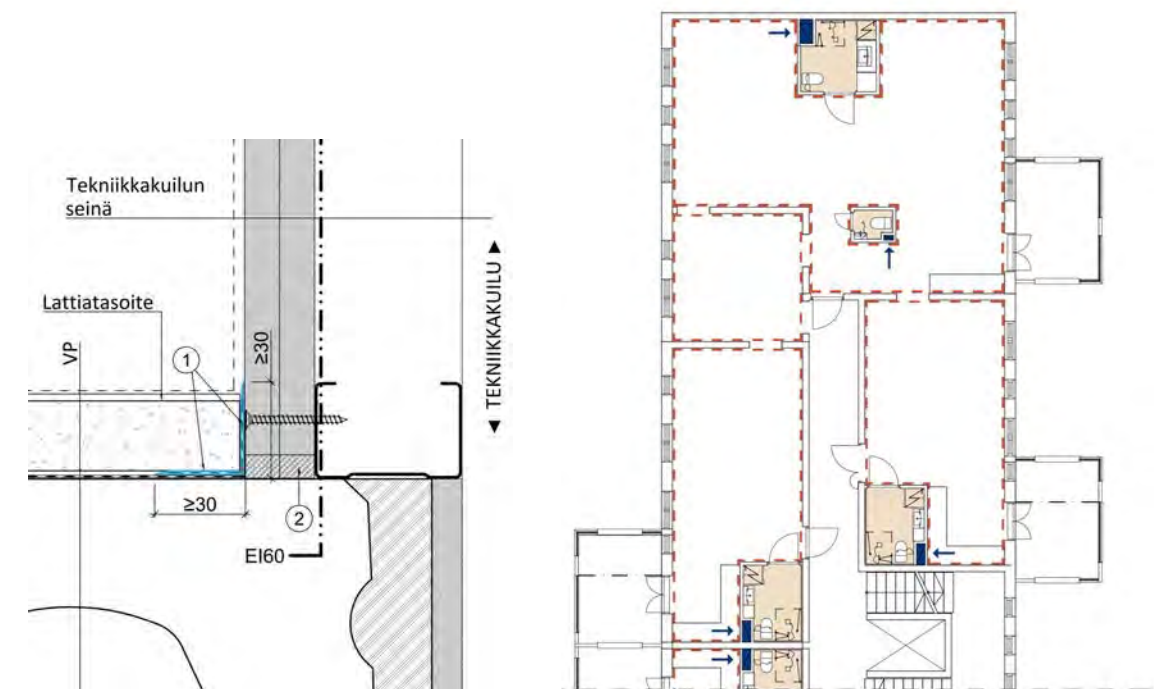
Kuva 71. Huoneistojen välipohja yleensä.

- 1 Pintamateriaalit huoneselostuksen mukaan
- 2 Askeläänieriste
- 3 Itsetasoittuva lattiatasoite, reunassa joustava erotuskaista
- 4 Diffuusioavoin erotuskangas, tiivistetään erotuskaistaan
- 5 Ontelolaatta rakennesuunnitelman mukaan, läpiviennit onteloiden kohdalle max. 150 mm, max. 2 kpl vierekkäin, kolmen reiän sisimmäisten reunojen välinen etäisyys vähintään 2500 mm
- 6 Alakattokoolaus k400
- 7 Kipsilevy



Kuva 72. Lattia- ja seinärakenteen liittymän tiivistys.

1. Liittymän tiivistäminen liitosnauhalla kankaan pinnasta höyrynsulun pintaan
2. Pintarakenteen tiivistäminen vedeneristeellä tai liitosnauhalla tasoitepinnalta höyrynsulun pintaan



Kuva 73. Lattian ja tekniikkakuilun seinärakenteen liittymän tiivistys.

1. Pintarakenteen tiivistäminen vedeneristeellä tai liitosnauhalla tasoitepinnalta levyrakenteen pintaan
2. Levyrakenteiden tiivistäminen palokatkosuunnitelmien mukaan

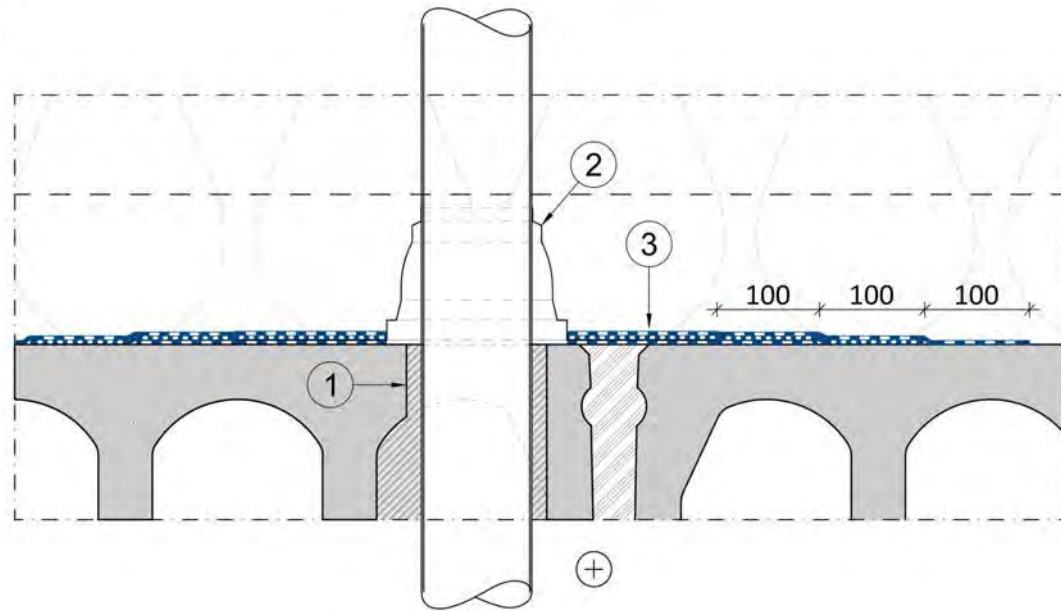
Kuilun seinärakenteeseen voidaan asentaa palo-osaston vaatimuksen mukaan paloluukku. Oikealla esitetty tiivistyksen periaatteellinen sijaintikaavio.

VE2 Yläpohjat

Yläpohjarakenteiden toteutuksessa huomioidaan myös purettavaksi suunnittelun edellytykset. Toteutuksessa korostuu muun muassa ilmatiivyyden osalta huolellinen läpivientikohtien suunnittelu ja toteutus. Toisaalta kuvitteellisen kerrostalon höyrynsulkukermiasennus kohdistuu ainoastaan ontelolaattojen liittymäkohtiin laataston päälle kauttaaltaan asennettavan höyrynsulun sijasta purkutöiden helpottamiseksi.

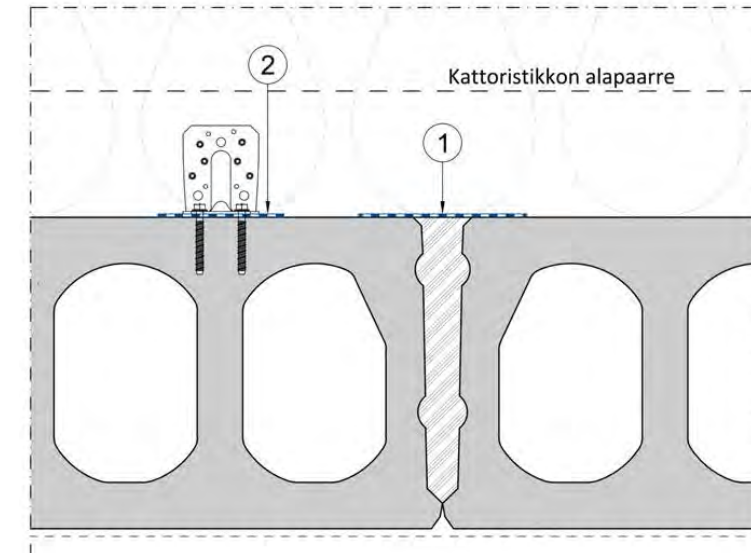
Yläpohja yleensä

- 1 Peltikate, kuumasinkitty konesaumapelti, 0,6 mm kaksinkertaisin saumoin
- 2 Aluskate AKK1, pintasirotteeton eristyskermi
- 3 Aluslaudoitus, raakaponttilaudoitus 23x95, k95
- 4 Kantava rakenne, ristikkorakenteet rakennesuunnitelmien mukaan
- 5 Puhallusvilla
- 6 Höyrynsulkukermi
- 7 Kantava teräsbetonirakenne rakennesuunnitelman mukaan, läpiviennit onteloiden kohdalle max. 150 mm, max. 2 kpl vierekkäin, kolmen reiän sisimmäisten reunojen välinen etäisyys vähintään 2500 mm



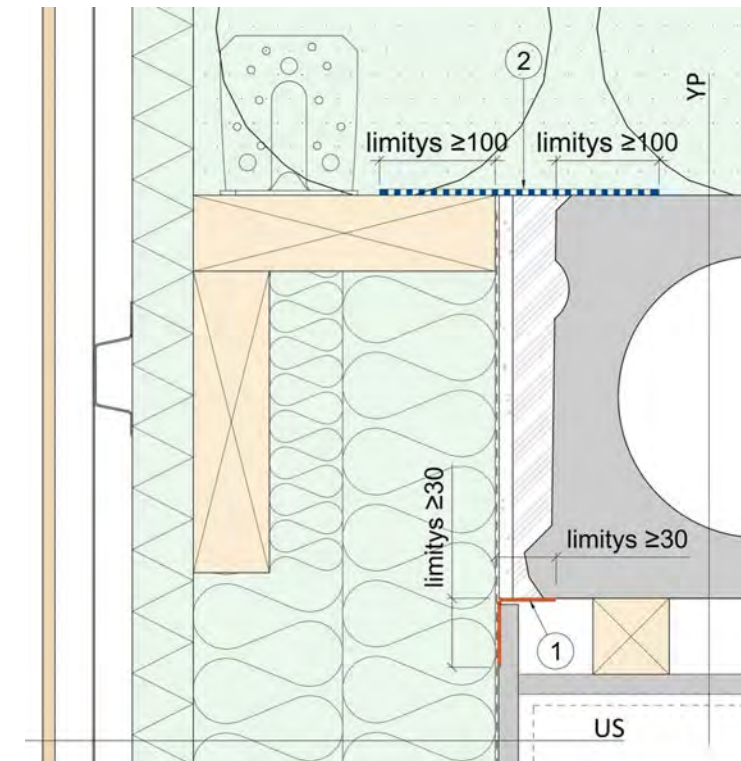
Kuva 74. Yläpohjarakenteen läpiviennin tiivistämisen periaatepiirustus.

1. Kantavan rakenteen läpiviennit valetaan täyteen palokatkomassalla palokatkosuunnitelmien mukaan.
2. Putkien läpivienneissä käytettävä läpivientitarkoitukseen soveltuvia EPDM-kumisia läpivientikappaleita.
3. Läpivienti tiivistetään rakenteeseen 3-kertaisella bitumikermillä, joista ensimmäinen bitumikermi asennetaan läpivientikappaleen alapuolella, bitumikermien limitykset 100 mm.



Kuva 75. Yläpohjarakenteen tiivistäminen ja rakenteen kiinnitykset.

1. Yläpohjan ontelolaattojen saumakohdat tiivistetään bitumikermillä, joka hitsataan kauttaaltaan kiinni. Kermin limitys sauman yli ≥ 100 mm.
2. Yläpohjarakenteeseen tehtävien kiinnityksien tiiveys varmistetaan erillisellä butyylinauhalla.



Kuva 76. Yläpohjarakenteen liitosten tiivistämisen periaatepiirustus.

1. Höyrynsulun tiivistäminen liitosnauhalla yläpohjarakenteen pintaan.
2. Yläpohjan ontelolaatan ja ulkoseinärakenteen liitoskohta tiivistetään bitumikermillä, joka hitsataan kauttaaltaan kiinni. Kermin limitys sauman yli ≥ 100 mm.

7.6 Ulkoseinä- ja muut ulkovaipparakenteet

Ulkovaippa (tai rakennuksen vaippa) tarkoittaa rakennuksen ulkokuorta, joka erottaa sisätilat ulkoilmasta. Ulkoseinän ja sen eri kerrosten on muodostettava kokonaisuus, joka estää veden haitallisen kulkeutumisen rakenteiden sisään. Ulkoseinän ja sen eri kerrosten sekä ulkoseinään liittyvien rakenteiden ja ulkoseinän liitosten vesihöyrynvastuksen ja ilmatiiviyden on oltava sellainen, ettei seinän kosteuspitoisuus sisäilman vesihöyryn diffuusion tai konvektion vuoksi muodostu rakenteen kosteusteknisen toimivuuden kannalta haitalliseksi. (Ks. esim. RT 103732, 2024; RT 82-11006, 2010.)

Tärkeimmät huomiot elinkaariominaisuuksien kannalta

Rakennuksen ulkokuori on teknisen **säilyvyyden** kannalta kriittinen, sillä sen tehtävänä on suojata runkoa ja sisäosia haitallisilta ympäristön räsytustekijöiltä erityisesti kosteusrasitukselta. Ulkokuori altistuu jatkuvasti säärasituksille, kuten sateelle, tuulelle ja lämpötilavaihteluille, ja siksi sen kosteustekninen toiminta on erityisen tärkeää vaurioiden ehkäisemiseksi ja rakenteiden pitkäikäisyyden varmistamiseksi. Sen suunnittelussa tulee ottaa huomioon ympäristön räsytustekijät ja niiden mahdolliset muutokset rakennuksen käyttöiän aikana, ja siksi rakenteen vikasietoisuus ominaisuutena korostuu. Tyypillisesti ulkovaipparakenteiden käyttöikä on merkittävästi rungon käyttöikää lyhyempi, ja tästä syystä ulkovaipparakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa painoarvoa on myös rakenteiden huollettavuudella ja korjattavuudella.

Rakennuksen ulkokuori on keskeinen myös **joustavuuden** kannalta: sen suunnittelun tulee mahdollistaa sisätilojen muunneltavuus. Erityisesti ikkunoiden sijoittelu on oleellista, sillä saman ikkunajärjestyksen tulee palvella erilaisia kalustuksia ja tilaratkaisuja sisätiloissa ilman ulkovaipan muutoksia.

Rakennuksen ulkovaipan helppo irrotettavuus on myös **uudelleenkäytettävyyden** kannalta tärkeää. Vaikka ulkovaippaan luettavien osien uudelleenkäytettävyys voi olla vaikeasti perusteltavissa säärasituksen vuoksi, niiden helppo irrotettavuus vähentää ehjänä purkamisen kokonaiskustannuksia. Hyvin toimiva ja tiivis ulkovaippa suojaa myös rakennuksen runkoa, mikä on edellytys myös sen myöhemmälle uudelleenkäytölle.

Rakennuksen ulkovaippa on elinkaariominaisuuksien kannalta keskeinen rakennuksen kerros, koska se suojaa runkoa säärasituksilta mahdollistaen pitkän elinkaaren ja tukien rungon säilyvyyttä uudelleenkäytettäväksi. Ulkovaipan ikkunoiden sijoittelu vaikuttaa yhdessä muiden valintojen kanssa myös sisätilojen joustavaan käyttöön.

VE1

Sandwich

Tavanomaisin, Suomessa eniten käytetty ulkoseinärakenne on betonisandwich-elementtirakenne. Sillä tarkoitetaan tehdasvalmistettua kerrosrakennetta, joka koostuu kahdesta kuorena (sisä- ja ulkokuori) toimivasta betonilevystä ja niiden välissä olevasta lämmöneristeestä, yleisimmin uritetusta mineraalivillaeristeestä. Betonikuoret on liitetty toisiinsa sideraudoituksella. Sandwich-rakennetta voidaan yleisesti pitää hyvin vikasietoisena rakenteena, sillä siinä käytetyt materiaalit ovat hyvin kosteusrasitusta kestäviä. Suunnittelussa tulee kuitenkin kiinnittää huomiota rakenneliittymien ja epäjatkuvuuskohtien ilma- ja vesitiiviyden sekä vedenohjauksen huolelliseen toteutukseen.

VE2
A

Sadetakkipellillinen julkisivu

Matalan ilmastovaikutuksen ja helpon irrotettavuuden vuoksi kerrostalon ulkoseinärakenteet toteutetaan puurunkoisina, mineraalivillaeristettyinä rakenteina. Verrattuna betonisandwich-rakenteeseen tällaisen ulkoseinän vikasietoisuus on heikompi puumateriaalien suuremman vaurioitumisherkkyuden vuoksi. Tästä syystä ulkovaipparakenteiden ratkaisuissa korostuu vedenohjauksen, vesitiiviyden, ilmatiiviyden ja kuivumiskyvyn merkitys, mikä näkyy muun muassa ulkoseinärakenteiden detajisuunnittelussa ja sovelletuissa rakenneratkaisuissa.

Kuvitteelliseen kerrostaloon valittu rakenneratkaisu koostuu puurunkoisesta ulkoseinärakenteesta. Julkisivu toteutetaan keraamisella julkisivulevyjärjestelmällä. Julkisivujärjestelmän taustalla on erillinen sadetakkipelti, jonka tehtävänä on estää veden kulkeutuminen julkisivujärjestelmän epäjatkuvuuskohdista sisempiin rakennekerrokseen, jolloin julkisivun taustalle kulkeutunut vesi pääsee poistumaan haittaa aiheuttamatta. Sadetakkipellin taustalla on erillinen tuuletusväli.

Kuvatun kaltaista rakennetta voidaan pitää yksityiskohtien toteutuksen osalta vaihtoehto VE2 B:ssä kuvattua rakennetta monimutkaisempana, mutta se sallii julkisivun paikallisen uusimisen yksittäisiä levyjä vaihtamalla.

VE2
B

Yhtenäinen puuverhous, paikalla rakennettu (ilman sadetakkipeltiä)

Rakenneratkaisu poikkeaa vaihtoehdosta VE2 A siten, että julkisivu koostuu yhtenäisestä puuverhouksesta ilman erillistä sadetakkipeltirakennetta julkisivuratkaisun ollessa yhtenäisempi, jolloin veden kulkeutuminen julkisivuverhouksen taakse on vähäisempää.

Kuitenkin julkisivun paikallinen uusittavuus ja osin tarkastettavuus on heikompa verrattuna A-vaihtoehtoon. Sen tarve huoltokorjauksille ja ylläpitotoimenpiteille on myös jossain määrin suurempi.

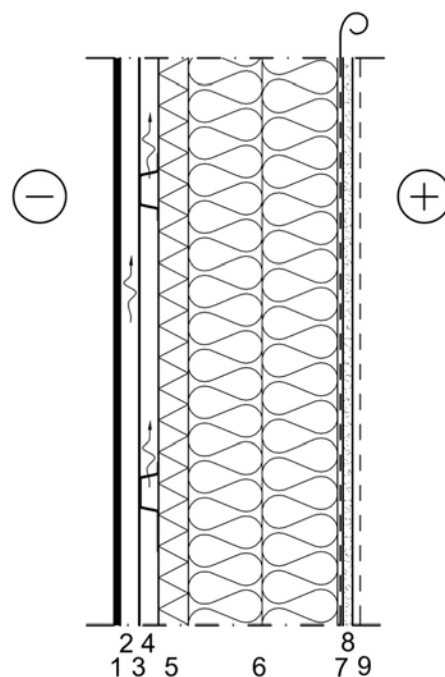


Kuvitteelliseen kerrostaloon valittu ratkaisu

VE2 Ulkoseinärakenteet

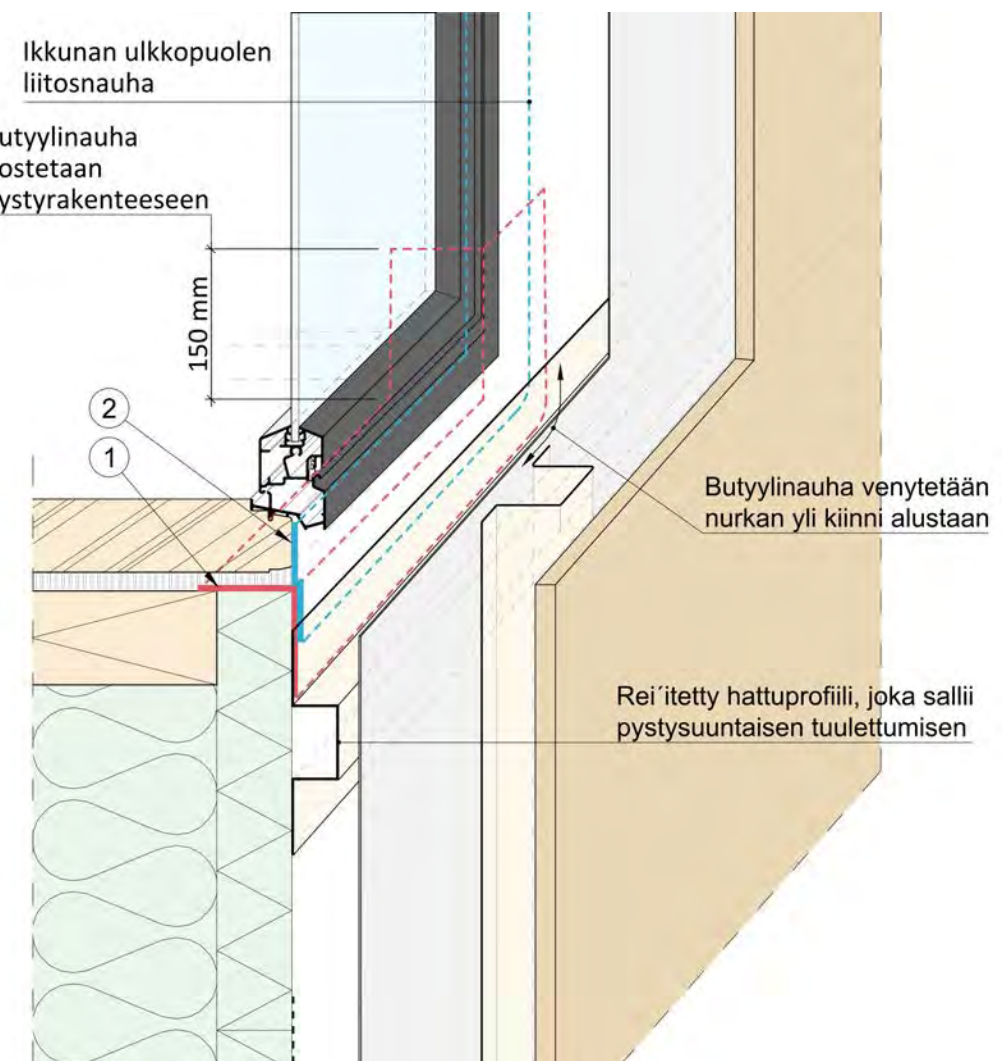
Ulkoseinän ja sen eri kerrosten on muodostettava kokonaisuus, joka estää veden haitallisen kulkeutumisen rakenteiden sisään. Ulkoseinän ja sen eri kerrosten sekä ulkoseinään liittyvien rakenteiden ja ulkoseinän liitosten vesihöyrynvastuksen ja ilmatiiviyden on oltava sellainen, ettei seinän kosteuspitoisuus sisäilman vesihöyryn diffuusion tai konvektion vuoksi muodostu rakenteen kosteusteknisen toimivuuden kannalta haitalliseksi.

Kuvitteellisen kerrostalon ulkovaipparakenteiden ratkaisuihin korostuu vedenohjauksen, vesitiiviyden, ilmatiiviyden ja kuivumiskyvyn merkitys, joka näkyy muun muassa ulkoseinärakenteiden detaljisuunnittelussa ja sovelletuissa rakenneratkaisuihin.



Kuva 77. Ulkoseinärakenne yleensä.

- 1 Keraaminen julkisivujärjestelmä ark. suunnitelmien mukaan (toteutetaan työmaalla riittävän tiiviyden varmistamiseksi)
- 2 Teräsrankarunko, välissä tuuletustila, asennus pystyyn
- 3 Kuumasinkitty teräslevy (sääjulkisivu toteutetaan työmaalla)
- 3 Kuumasinkitty hattulista h=25 mm, uumareil'itys, asennus vaakaan
- 5 Tuulensuojaeriste, kivivilla, saumat teipataan (tiivistys toteutetaan työmaalla)
- 6 Puurunko 48x198 + lämmöneriste 2x100 mineraalivilla, saumat limitetään
- 7 Höyrynsulku, limitys runkotolpan kohdalla, saumat teipataan (tiivistykset toteutetaan työmaalla)
- 8 Kipsilevy
- 9 Pintamateriaalit huoneselosteen mukaan



Kuva 78. Ulkoseinärakenteen liittymien vesitiiviyden ja vedenohjauksen toteutus.

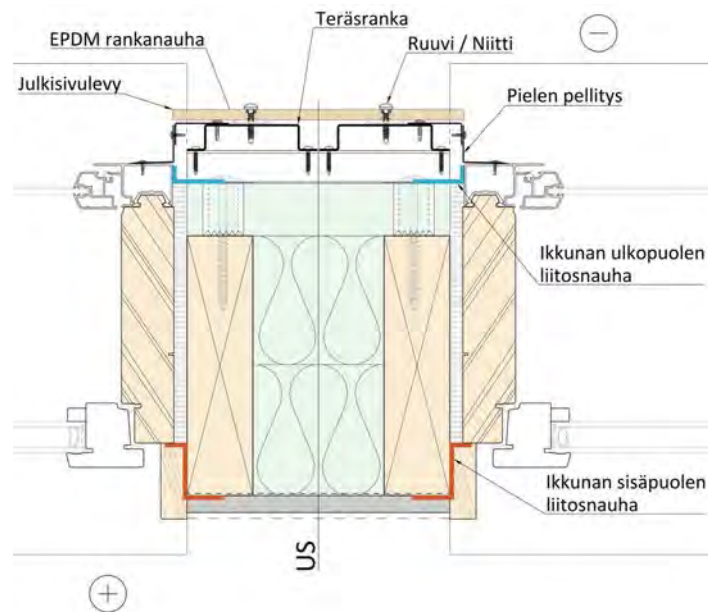
Kosteusteknisen toiminnan kannalta yksi kriittisimmistä yksityiskohdista on julkisivun epäjatkuvuuskohtien ja aukotusten vesitiiviyden ja vedenohjauksen toteutus. Kuvitteellisen kerrostalon ikkunaliittymien tiivistys toteutetaan erillisillä tähän tarkoitukseen kehitetyillä liittosauhajärjestelmällä, jolla varmistetaan yhtenäinen tiiviyden ikkunoiden karmirakenteen ja tuulensuojan ulkopinnan osalta.

Vaikka itse puurunkoinen ulkoseinärakenne toteutettaisiin esivalmistetuilla elementeillä, rakenteen ulkopinnan vesitiivyyden ja vedenohjaukseen liittyvät asennukset toteutetaan työmaalla riittävän toiminnan varmistamiseksi.

Sadetakkipelti suojaa ulkoseinärakenteen vaurioitumiselle herkempiä sisäosia viistosateelta ja tuulenpaineen vaikutuksesta kulkeutuvan veden aiheuttamalta kastumiselta.

VE2 Ikkunaliittymien tiivistäminen ja vedenohjaus

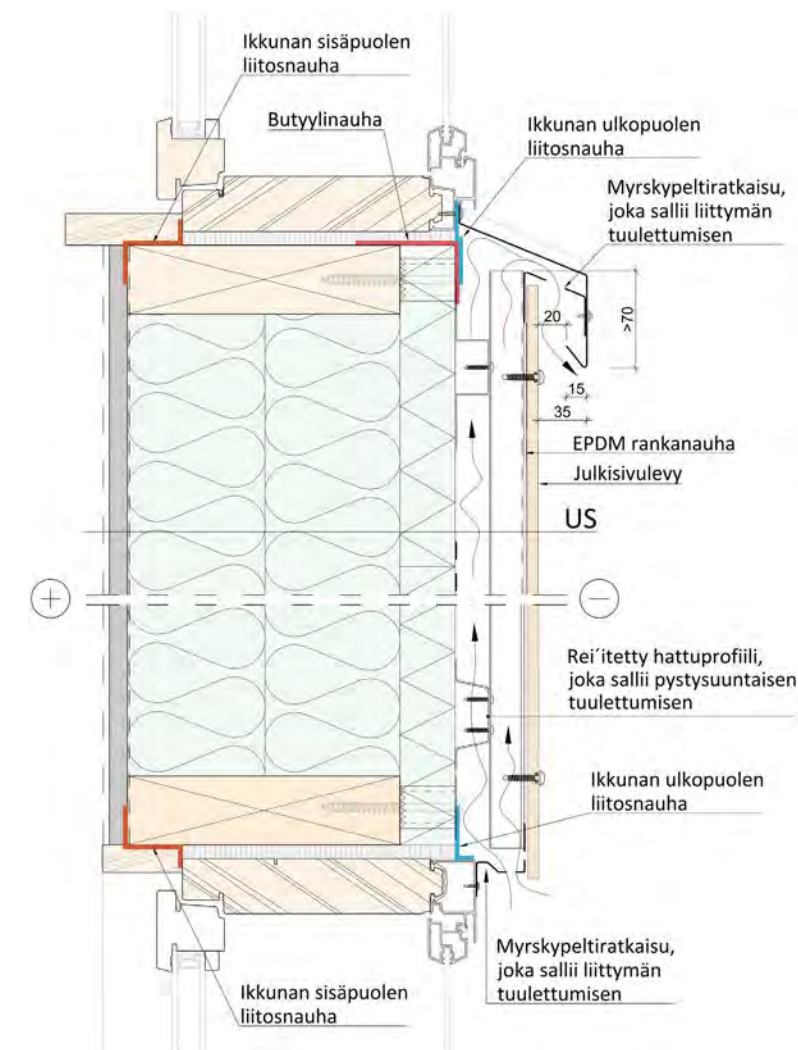
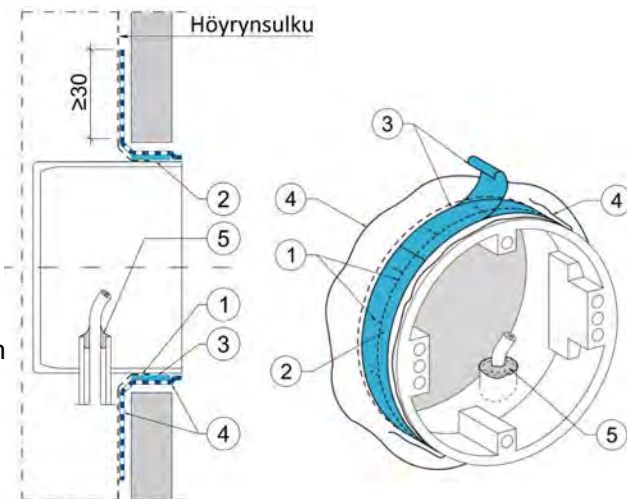
Valitun ulkoseinäratkaisun osalta rakennetta voidaan pitää yksityiskohtien toteutuksen osalta monimuotoisena, joten liittymien suunnitteluun ja toteutukseen tulee kiinnittää huomiota rakenteen kosteusteknisen toiminnan varmistamiseksi. Liittymien toteutus tulee esittää suunnitelmissa riittävän yksityiskohtaisesti.



Kuva 79. Ikkunarakenteen vaakaliittymä. Ikkunavälien toteutuksessa korostuu liittymien vesitiiviys ulkoseinärakenteen tuuletuksen tapahtuessa ylä- ja alaosien liittymistä.

Pielien pellitykset on toteutettu purettavina siten, että ikkunaliittymien tarkastus ja huolto olisi mahdollisimman hyvin toteutettavissa purkamatta koko julkisivua ikkunoiden vierustoilta.

Kuva 80. Höyrynsulun läpiviennit. Jos ulkoseinärakenteessa ei käytetä esimerkiksi erillistä höyrynsulun sisäpuolista koolausta, tulee höyrynsulun läpivientien suunnitteluun ja toteutukseen kiinnittää erityistä huomiota. Toteutukseen voidaan käyttää erillisiä sähkörasioille tarkoitettuja materiaalivalmistajakohtaisia läpivientiosia tai höyrynsulku voidaan liittää sähkörasiaan liitosnauhalla.



Kuva 81. Ikkunarakenteen ala- ja yläliittymä. Ulkoseinärakenteen höyrynsulkukalvon tiiveys toteutetaan ulkopuolisen vesitiiviiden kaltaisesti tarkoitukseen soveltuvalla liitosnauhajärjestelmällä. Sisäkuoren ilmatiivyyteen liittyvät asennukset toteutetaan työmaalla riittävän tiiviiden varmistamiseksi.

Ikkunapellityksen toteutuksessa huomioidaan rakenteen tuulettavuus siten, että tuuletus toimii ja rakenteen kuivuminen mahdollistuu sekä varsinaisesta tuuletusvälistä että julkisivun ja sadetakkipellin välistä. Liittymään asennettu myrskypelti ehkäisee veden kulkeutumista pellityksen liittymästä julkisivun taustalle.

Vastaavasti kuin ikkunan alaosassa liittymän tulee sallia rakenteen tuulettuminen ja ehkäistä veden kulkeutumista julkisivun taakse. Lisäksi tuuletus- ja vedenpoistoväleihin mahdollisesti kulkeutuneen veden tulee päästä poistumaan rakenteesta haittaa aiheuttamatta.

VE2 Ulkovaippa ja lämpötilanhallinta

Kuvitteellisen kerrostalon julkisivuverhous on toteutettu keraamisella julkisivulevyjärjestelmällä. Ratkaisu myös sallii julkisivun paikallisen uusimisen yksittäisiä levyjä vaihtamalla.

Ilmastomuutoksen myötä keskimääräiset lämpötilat tulevat nousemaan ja rakennuksiin kohdistuva lämpörasitus kasvaa. Tämä lisää jäähdytystarvetta sekä mahdollisesti heikentää lämpöviihtyvyyttä.

Julkisivun varjostavat rakenteet

Kuvitteelliseen kerrostaloon kohdistuvaa lämpörasitusta ja siten jäähdytyksen tarvetta pyritään pienentämään parvekkeiden väliin asennettavilla varjostavilla säleikkö-rakenteilla.

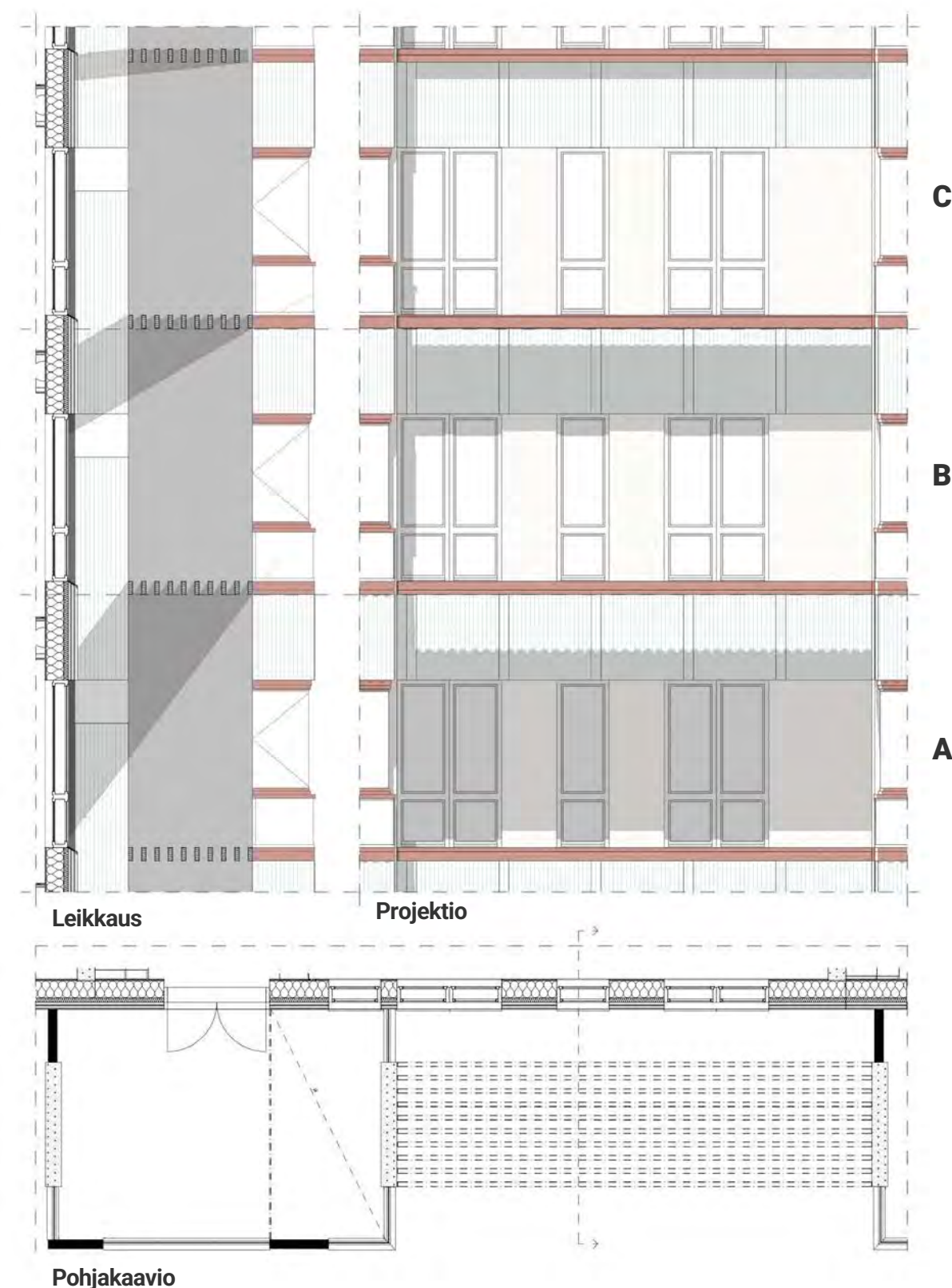
Säleikköjen asennustapa siten, että ne eivät liity varsinaiseen ulkoseinärakenteeseen, mahdollistaa niiden verrattain helpon korjaamisen ja uusimisen ilman ulkoseinä-rakenteille kohdistuvia toimenpiteitä.

Asennustavan ansiosta vältetään myös tarpeettomien läpivientien ja epäjatkuvuuskohtien tarve ulkoseinärakenteissa. Näin vähennetään riskejä veden kulkeutumisesta rakenteiden sisempiin kerroksiin ja rakenteiden vaurioitumisesta.

Julkisivujärjestelmä

Julkisivujärjestelmä koostuu keraamisesta levyjärjestelmästä, joka asennetaan erillisen teräsrakajärjestelmän varaan. Levyt ovat uusittavissa ja irrotettavissa yksitellen. Tämä mahdollistaa yksittäisten levyjen vaihtamisen niiden rikkoontuessa esimerkiksi julkisivun alaosissa mekaanisen rasituksen seurauksena.

Julkisivujärjestelmä mahdollistaa myös paikallisen purkamisen ja levyjen uudelleen-asennuksen paikallisten ulkoseinän korjaustarpeiden ilmaantuessa paremmin kuin esimerkiksi yhtenäinen puuverhous, jossa julkisivupurkuja saatettaisiin joutua tekemään laajemmalta alueelta ja jonka purkaminen ei todennäköisesti onnistuisi ehjänä.

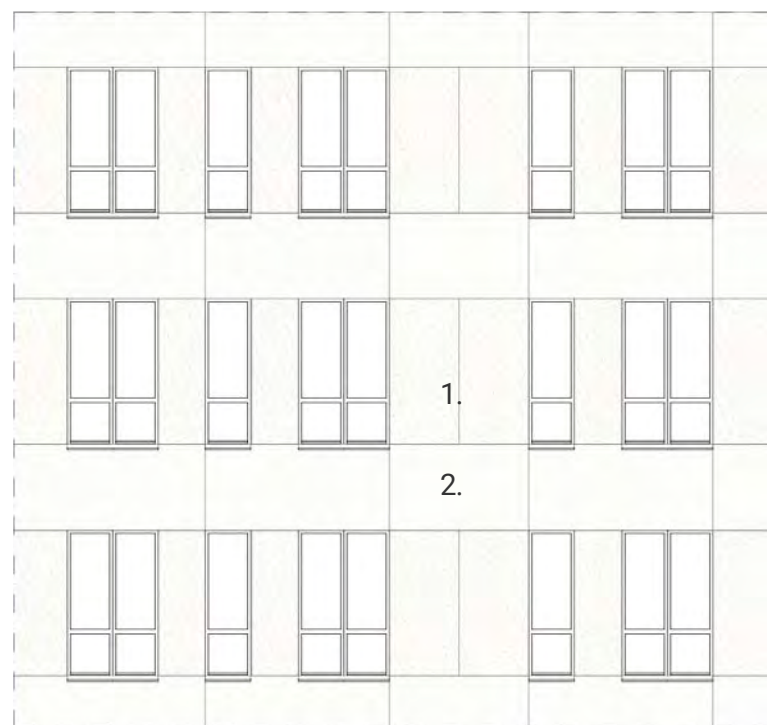


Kuva 82. Julkisivuote ja varjostavien rakenteiden vaikutus vuodenaikojen mukaan Helsingissä. **A:** 21. kesäkuuta, auringon suuntakulma 53°, **B:** 21. maaliskuu/syyskuuta, auringon suuntakulma 30°, **C:** 21. joulukuuta, auringon suuntakulma 6°.

VE2 Julkisivun aukotusjärjestelmä

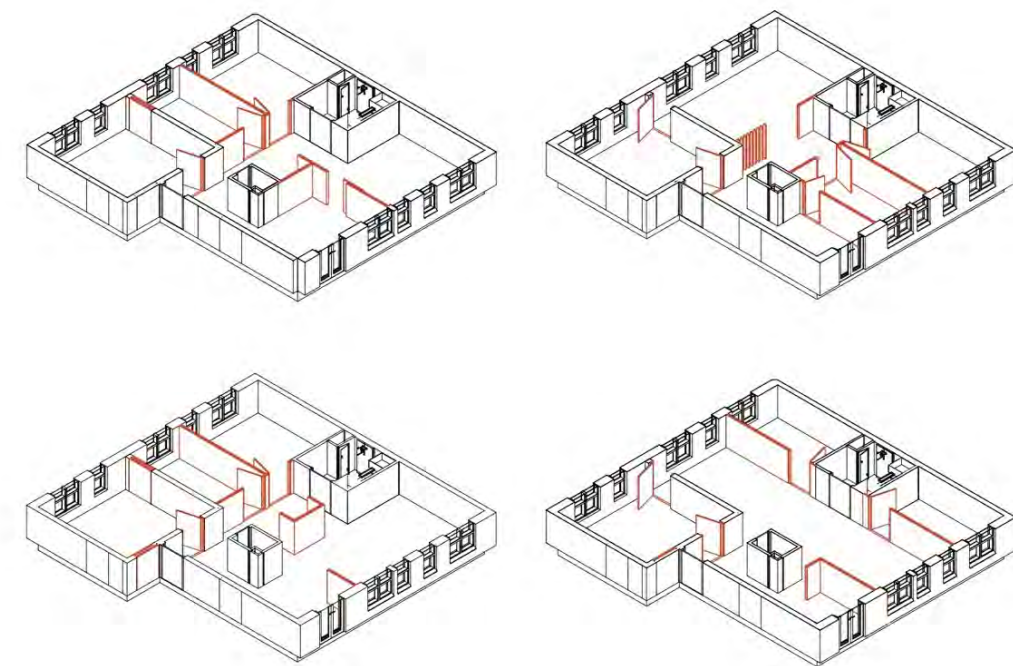
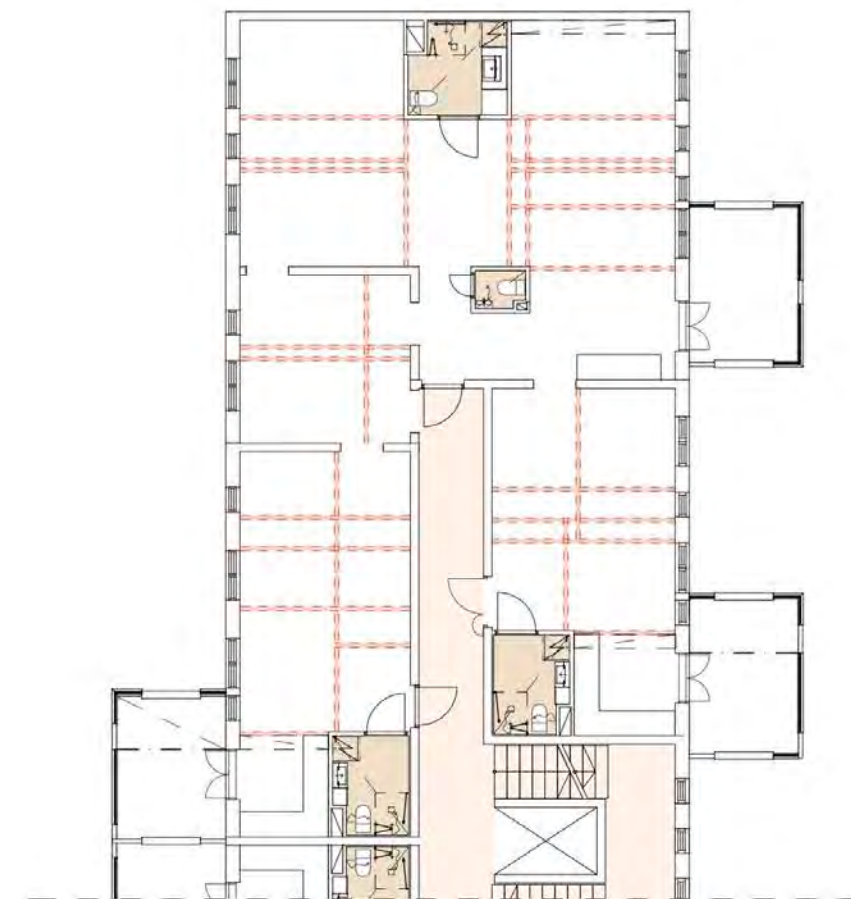
Kuvitteellisessa kerrostalokohteessa julkisivun aukotusjärjestelmä ja huoneistojen tyypillisimpien väliseinien paikat on suunniteltu yhtenä kokonaisuutena, koska ne määrittävät yhdessä, miten huoneistojen tiloja voidaan rakennuksen elinkaaren aikana muuttaa. Suunnitteluprosessi on vaatinut sitä, että erilaisia huoneistojen muuntovaihtoehtoja on tarkasteltu samanaikaisesti ikkuna-aukkojen sijoittelun kanssa. Julkisivun ikkuna- ja oviaukot on sijoitettu siten, että niiden väliin jäävät seinäosat toimivat mahdollisina väliseinien paikkoina. Näin huoneiden rajoja voidaan myöhemmin muuttaa ilman, että ikkunoita jää hankalasti keskelle seinää tai kulkureittejä. Ikkuna-aukkojen koot ovat toistuvia, ja sijoittelu on mitoitettu toistuvaan rytmiin.

Ikkunoiden toistuvat koot tuovat useita etuja myös säilyvyyteen liittyvän huollettavuuden kannalta. Jos ikkunoiden mitat ovat yleisiä ja standardeja, tiivisteeet, helat, lasit ja muut osat löytyvät valmiina varastotuotteina, jos niitä on uusittava. Kun ikkunakoot ovat toistuvat, huoltohenkilöstö voi ennakoida tarvittavat varaosat ja työkalut koko rakennuksen käyttöiän ajan. Samat huoltomenetelmät ja ohjeet soveltuvat kaikkiin ikkunoihin, mikä yksinkertaistaa työtä ja vähentää virhemahdollisuuksia. Huoltotyön nopeutuminen vähentää myös työvoimakuluja koko elinkaaren aikana.



1. Struktuuripintainen keraaminen julkisivulevy
2. Sileäpintainen keraaminen julkisivulevy

Kuva 83. Irrotettavan julkisivulevyn jakoperiaate.

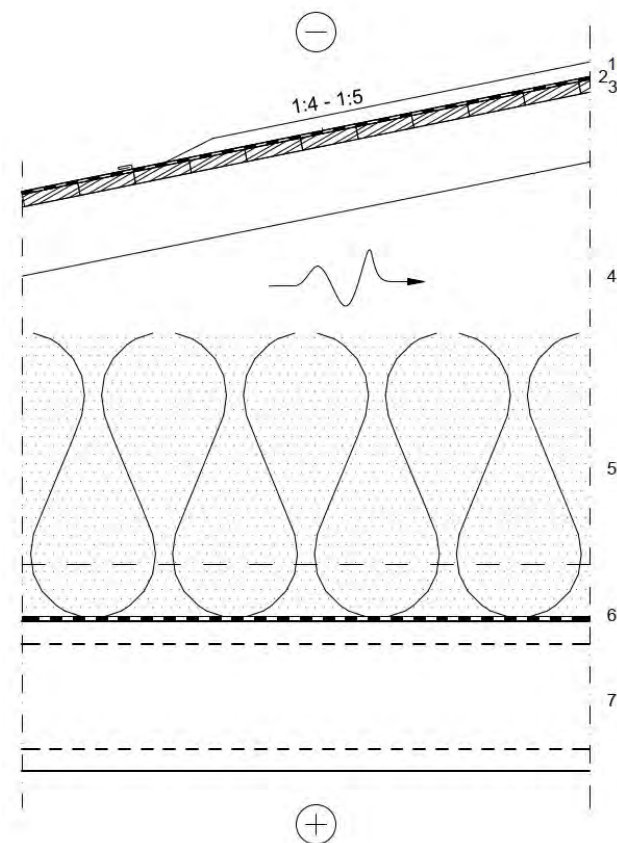


Kuva 84. Tyypillisimmät kevyiden ei-kantavien väliseinien sijainnit suhteessa julkisivun aukotusjärjestelmään. Ikkunajako mahdollistaa asuntoihin erilaisia muuntovaihtoehtoja.

VE2 Vesikatot, räystäsrakenteet

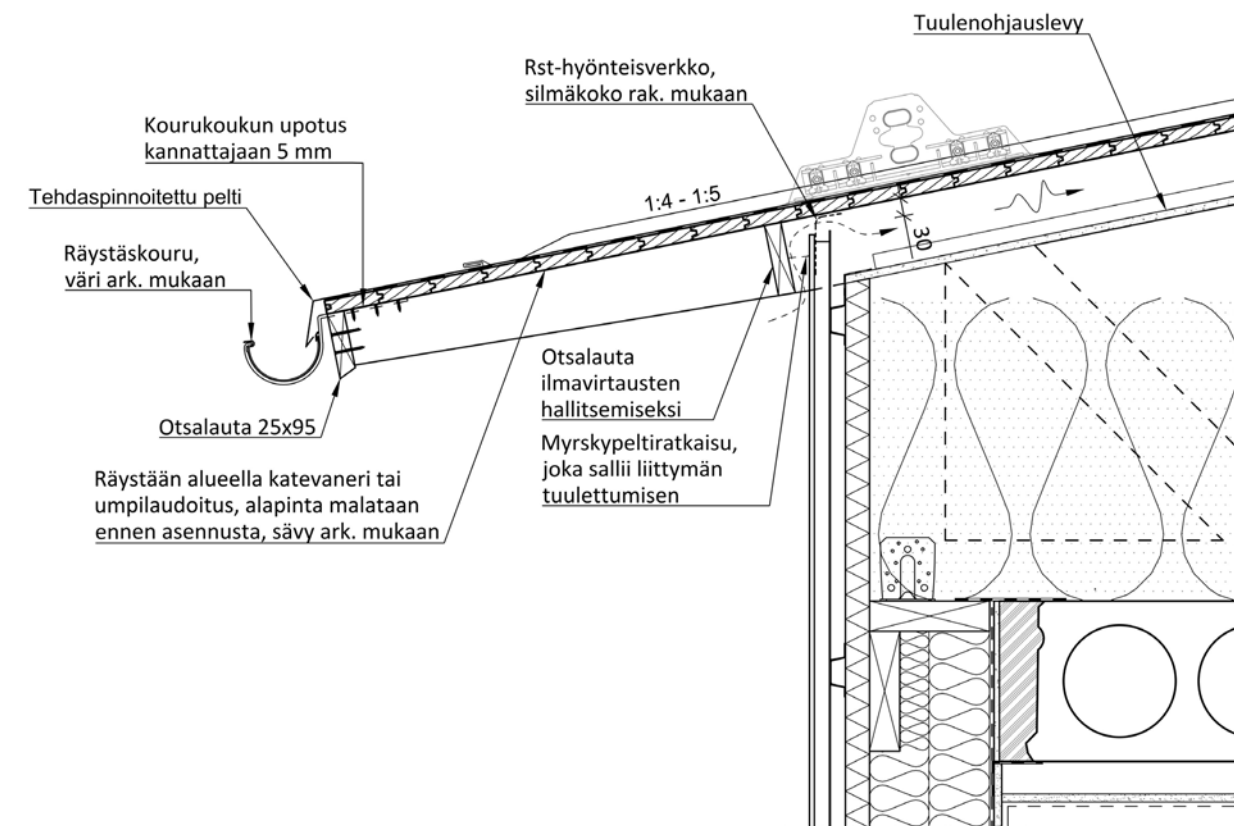
Harjamallinen vesikatto ja räystäslinjan ulkopuolelle asennettavat räystäskourut mahdollistavat tehokkaan ja hallitun vedenpoiston vesikatolta. Vedenpoiston tukkeutuessa veden on päästävä poistumaan katolta tunkeutumatta rakenteisiin.

Yläpohjan toteutustapa mahdollistaa myös vesikaton ja sen läpivientien sekä mahdollisten talotekniikan putkistojen kunnon tarkastelun esimerkiksi mahdollisten vuotojen varalta.



Kuva 85. Yläpohja- ja vesikattorakenne yleensä.

- 1 Peltikate, kuumasinkitty konesaumapelti, 0,6 mm kaksinkertaisin saumoin
- 2 Aluskate AKK1, pintasiroteeton eristyskermi
- 3 23 mm aluslaudoitus, raakaponttilaudoitus 23x95, k95
- 3 Kantava rakenne, ristikkorakenteet rakennesuunnitelmien mukaan
- 5 ~500 mm puhallusvilla
- 6 Höyrysulkukermi (vain saumakohtiin asennettuna)
- 7 Kantava teräsbetonirakenne rakennesuunnitelman mukaan



Kuva 86. Räystäsdetali.

Suhteellisen leveä räystäas vähentää jossain määrin julkisivujen yläosiin kohdistuvaa kosteusrasitusta.

Räystään ja ulkoseinän liittymän tulee mahdollistaa sekä ulkoseinän että yläpohjarakenteen tuuletus siten, että mahdollinen vesikatteen ja ulkoseinärakenteen taustalle kulkeutunut vesi pääsee tehokkaasti poistumaan haittaa aiheuttamatta.

7.7 Tilaosat: jako-osat, tilapinnat ja tilavarusteet

Rakennuksen tilaosat muodostuvat sisätilaa jakavista jako-osista, sisäpuolisista tilapinnoista ja esimerkiksi tilavarusteista. Tilan jako-osat ovat rungon rakenteesta riippumattomat tilaa jakavat osat, kuten väliseinät, erityisseinät, kaiteet sekä väli- ja erityis-ovet. Väliseiniä ovat tiloja rajaavat ja jakavat paikalla rakennettavat tai elementeistä asennettavat ei-kantavat väliseinät. Tilapintoja taas ovat rakennuksen sisäpuoliset lattioiden, kattojen ja seinien pintarakenteet ja pintakerrokset alus- ja kiinnitysrakenteineen sekä pinnat ja pinnoitteet. Tilavarusteita ovat rakennuksen sisäpuoliset kiinteät kalusteet, laitteet, vakiolaitteet ja varusteet, jotka eivät ole irtaimistoa. (RT 10-10962, 2009.)

Tärkeimmät huomiot elinkaariominaisuuksien kannalta

Tilaosat liittyvät keskeisesti rakennuksen **säilyvyyteen**, sillä erityisesti kylpyhuoneiden huolellinen suunnittelu ja toteutus on tärkeää rakennuksen pitkäaikaisen teknisen säilyvyyden kannalta. Tilaosat liittyvät oleellisesti myös huollettavuuteen, koska ne ovat käyttöympäristössä jatkuvasti altistuneina kulutukselle, mekaaniselle rasitukselle ja puhdistukselle. Kun tilaosat on suunniteltu huollettaviksi ja helposti uusittaviksi, rakennus pysyy toimivana koko elinkaarensa ajan.

Tilaosat ovat keskeisessä roolissa rakennuksen **joustavuudessa**. Rungon jännevälit ja kantavien seinien tai ulkoseinien aukotukset (ikkunat, ovet) on sovittava yhteen eri käyttö- tai muuntovaihtoehtojen kanssa, ja tämä tuo vaatimuksia paitsi tilan jako-osien sijainneille myös tilapinnoille. Tilapintojen (lattia-, seinä- ja kattopinnat) suunnittelussa tulee huomioida mahdolliset tilamuutokset ennakoiden, jolloin pinnat voivat säilyä siisteinä ja ehjinä, vaikka tilajako muuttuisi. Muunneltavuus vaatii tietyiltä tilaosilta helppoa purettavuutta ilman, että purkaminen vaikuttaa muihin rakennuksen komponentteihin.

Uudelleenkäytettävyyden kannalta ratkaisevaa on se, että valitut rungon osat voidaan irrottaa ehjinä ja asentaa uudelleen, ilman merkittävää puhdistamista tai muuta käsittelyä. Tämä vaatii tilaosilta ja -pinnoilta helppoa purettavuutta ilman, että purkaminen vaikuttaa kantavaan runkoon. Rakennuksen rungon osat eivät ole käytännössä irrotettavissa, jos sitä ympäröivät sisäverhoukset, väliseinät tai pintarakenteet on toteutettu pysyvin, liimattavin tai valetuin liitoksien, joiden purku edellyttää raskasta työtä tai erikoiskalustoa tai aiheuttaa vaurioita rakenteisiin.

Tilaosat eivät ainoastaan määritä tilojen käyttötarkoitusta ja ohjaa niiden käyttöä, vaan myös vaikuttavat ratkaisevasti siihen, kuinka rakennusta voidaan huoltaa, miten se pystyy mukautumaan muuttuviin tarpeisiin elinkaarensa aikana ja onko uudelleenkäytettävyys toteutettavissa kustannustehokkaasti.

VE1

Tyypilliset tilaosat

Tyypillisesti sisätilaa jakavat väliseinät ovat ei-kantavia. Osakkeenomistaja voi huoneistossaan purkaa tai rakentaa näitä ei-kantavia, kevytrakenteisia väliseiniä sekä tehdä niihin muutoksia. Vuokratalokohteissa muutoksia voi tehdä tyypillisimmin vain vuokratalon omistaja. Tilapintojen osalta huoneistojen lattiassa on usein lattiapäällyste, kuten esimerkiksi parketti, laminaatti tai vinyyliankku. Sisäkatto on usein rapattu. Kevyiden väliseinien purkaminen ja uusien oviaukkojen avaaminen edellyttävät yleensä lattioiden, seinien ja kattojen pintakäsittelyjen uusimista, sillä väliseinän kohdalla ei ole lattianpäällystettä eikä kattoa ole rapattu. Lattiapäällystettä ei useinkaan suunnitella asennettavaksi kiintokalusteiden alle. Joissain vuokra-asumisen kohteissa lattiapinnoite ohjeistetaan asentamaan kuitenkin astianpesukoneen, lieden ja kylmäkalusteiden sekä näiden varausten alle (ks. Helsingin kaupunki, 2024). Märkätilan ja erillisen wc:n lattiat ovat usein laatoitettuja. Märkätilat ovat huoneistojen sisäosista kaikkein rasitetuimpia, joten vedeneristysten ja asennusten yksityiskohtien suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota. Huoneistot ovat tyypillisesti hyvin varustettuja tilavarusteilla: keittiössä normaalit tilavarusteet ovat liesi, jääkaappipakastin, astianpesukone, allaskaappi, tiskipöytä ja altaat. Huoneistoihin on varattu tila pesukoneelle ja kuivausrummulle.

VE2

Riippumattomuutta korostavat tilaosat

Riippumattomuuden korostaminen muuttaa vain joitakin tyypillisten tilaosten toteutustapoja. Seinät voivat edelleen olla kevyitä väliseiniä, kiintokalusteet noudattaa totuttuja malleja ja lattiapäällysteet säilyä pääosin ennallaan. Merkittävin ero koskee lattia- ja sisäkattomateriaalien ja kevyiden väliseinien välistä suhdetta. Tavanomaisessa toteutuksessa lattiapäällyste ei jatku kiintokalusteiden alle. Riippumattomuutta korostettaessa lattiapäällyste kuitenkin asennetaan myös kalusteiden alle, jotta tiloja voidaan kalustaa eri tavoin ilman suuria pintaremontteja. Tämä vastaa samaa periaatetta, jota käytetään jo vuokratuotannossa tietyiltä osin: lattiapäällyste ulotetaan astianpesukoneen, lieden ja kylmäkalusteiden alle (Helsingin kaupunki, 2024). Lattiamateriaalin on oltava huollettava ja kunnostettavissa, esimerkiksi hiontaa kestävä. Sen tulee olla peräisin luotettavalta toimittajalta, jotta tarvittavat korjaussarjat ovat saatavilla. Vaihtoehtoisesti niitä voi myös varastoida ennalta. Riippumattomuutta korostavissa tiloissa on valittava sisäkaton pintamateriaaleja, jotka voidaan ennallistaa paikallisin toimin, esimerkiksi kitata ja hioa tasaisiksi, minkä jälkeen pinta on valmis maalattavaksi. Märkätilat ovat huoneistojen sisäosista kaikkein rasitetuimpia, joten vedeneristysten ja asennusten yksityiskohtien suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota. Tämän lisäksi huomiota ratkaisussa on pyritty kiinnittämään putkiasennusten tarkastettavuuden ja korjattavuuden toteutumiseen siten, että se voidaan toteuttaa ilman esimerkiksi vedeneristeiden purkuja. Riippumattomuuden korostaminen ei lähtökohtaisesti muuta huoneistojen tilavarusteiden valintaperusteita, mutta kiintokalusteiden modulaarisuus voi varmistaa sitä, että kalusteet voidaan sijoittaa toiseen paikkaan huoneistossa (osin purettuina tai täydennettyinä).



Kuvitteelliseen kerrostaloon valittu ratkaisu



Tilojen jako-osien hierarkia

Kuvitteellisen kerrostalon tilojen jako-osien hierarkia voidaan kuvata seuraavasti:

1. Kiintokalusteet ja irtokalusteet

Kiintokalusteiden alla seinä-/lattiapinnat jatkuvat yhtenäisinä, jotta kiintokalusteiden paikkaa voi vaihtaa ilman pintaremonttia. Tämä mahdollistaa erilaiset kalustusratkaisut asukkaiden tarpeiden mukaan. Aihe on huomiotava pintojen ja materiaalien suunnittelussa.

2. Kuivien tilojen väliset kevyet väliseinärakenteet

Kevyet ei-kantavat väliseinärakenteet on suunniteltu sellaisiksi, että niiden purku, siirto tai lisäys on teknisesti helppoa ja kustannustehokasta. Detaljeissa ja pintamateriaaleissa huomioidaan mahdollinen muutos: esimerkiksi lattia ja katto jatkuvat seinän alla ja yllä, jotta tiloja voidaan yhdistää tai jakaa ilman laajaa pintaremonttia.

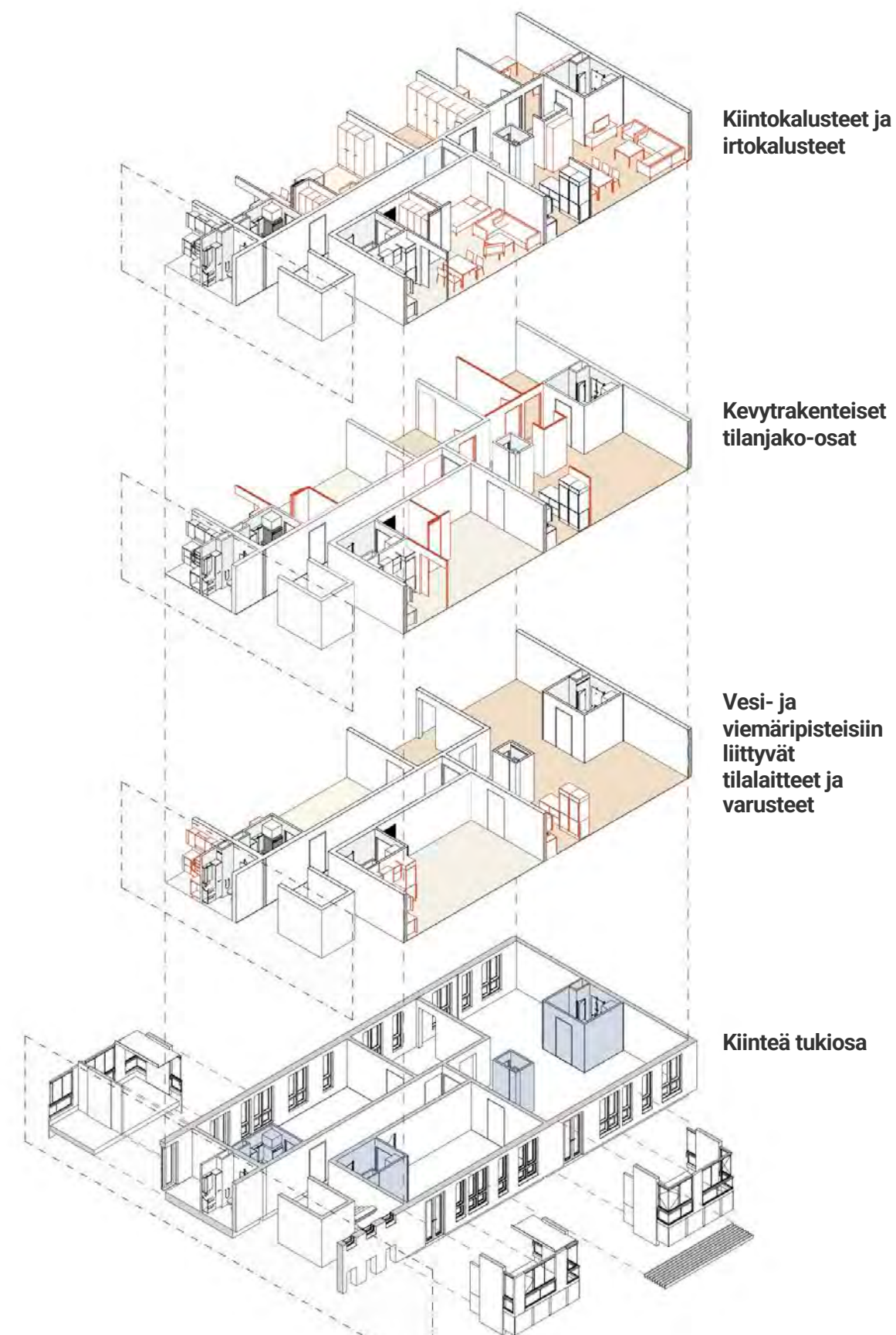
3. Vesi- ja viemäripisteisiin liittyvät tilalaitteet ja varusteet

Vesi- ja viemäripisteiden oheen sijoittuvien keittiöiden ominaisuuksia voidaan muuttaa rajoitetusti – esimerkiksi paikoin avokeittiön muutos erilliskeittiöksi voi vaatia kevyen väliseinämuutoksen ohella muutaman tilalaitteen tai -varusteen siirtämistä, mutta ei koskaan pysyvien vesi- ja viemäripisteiden siirtämistä. Näin ollen allas ja astianpesukone, jotka tarvitsevat sekä vesiliitäntää että viemäroinnin, sijaitsevat keittiössä aina samassa paikassa muusta tilajärjestyksestä riippumatta.

4. Kiinteä tukiosa

Rakennuksen kiinteään tukiosaan kuuluvat (porrashuoneet, ulkoseinät aukotuksineen, ulkotilat), rakennuksen kantavat rakenteet ja vesi- ja viemärijärjestelmät sekä niihin liittyvät märkätilat kokonaisuudessaan. Märkätilojen muuttaminen asukkaiden vaihtuessa on kallista ja riskialtista (mm. vesivahinkojen riski), joten niiden sijainnit on suunniteltu muuttumattomiksi eri muuntovaihtoehdoissa.

Tämä hierarkia tukee huoneistojen muunneltavuutta niin, että muutokset voidaan kohdistaa ensisijaisesti kevyempiin, helpommin siirrettäviin tai vaihdettaviin osiin, kun taas teknisesti kriittiset osat säilyvät koko rakennuksen käyttöajan paikallaan.



Kuva 87. Aksonometria tilojen jako-osien hierarkiasta.

VE2 Kuivien tilojen väliset kevyet väliseinärakenteet, sisäkattorakenteet ja -pinnat

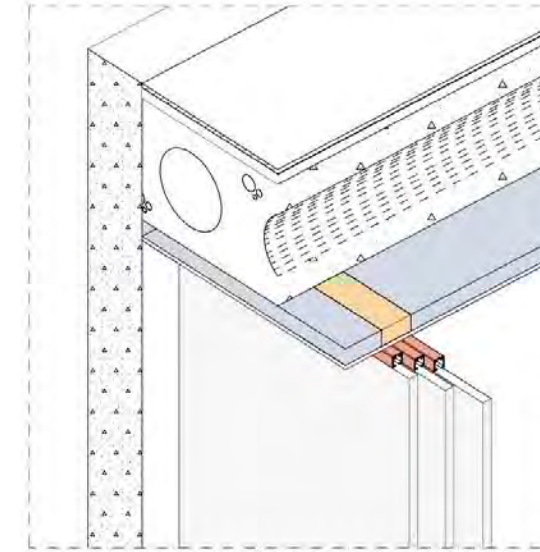
Jokaisessa kerrostalokohteessa on kevyitä väliseiniä, joita voidaan purkaa tai lisätä asunnon elinkaaren aikana. Usein väliseinämuutokset aiheuttavat kuitenkin laajaa muutakin pintaremonttia. Esitellyssä kuvitteellisessa kerrostalokohteessa on tutkittu ratkaisuja, jotka mahdollistavat kuivien tilojen välisten väliseinärakenteiden muutosten mahdollistamat tilamuutokset kustannustehokkaammin ja pienemmällä riskillä. Tavoitteena on, että seinien lisääminen tai poistaminen ei johda pintamateriaalien turhaan uusimiseen. Näin mahdollistetaan tilojen joustava muuntelu ilman laajaa resurssien hukkaa.

Kevyen väliseinän taustarakenteet on suunniteltu sijoitettavaksi jo rakennusvaiheessa valmiiksi tyypillisimpiin seinien sijainteihin katon asennustilaan. Kun tämän lisäksi sisäkatto- ja lattiarakenteet on suunniteltu tukemaan kevyiden väliseinärakenteiden muutoksia, voidaan väliseinien lisääminen tai poistaminen toteuttaa ilman tarpeetonta pintojen uusimista. Näin tilojen joustavuus paranee merkittävästi koko rakennuksen elinkaaren ajaksi. Taustarakenteena toimii puukoolaus asennustilan yläpuolella, johon väliseinän yläosa voidaan kiinnittää. Väliseinien alaosa kiinnitetään seinän alla yhtenäiseksi asennetun lattian pintamateriaalin läpi esimerkiksi kierretangoilla välipohjaan asennettavilla sisäkierrehylsyillä, jolloin asennuksen vaatimat reiät ovat paikattavissa parketissa.

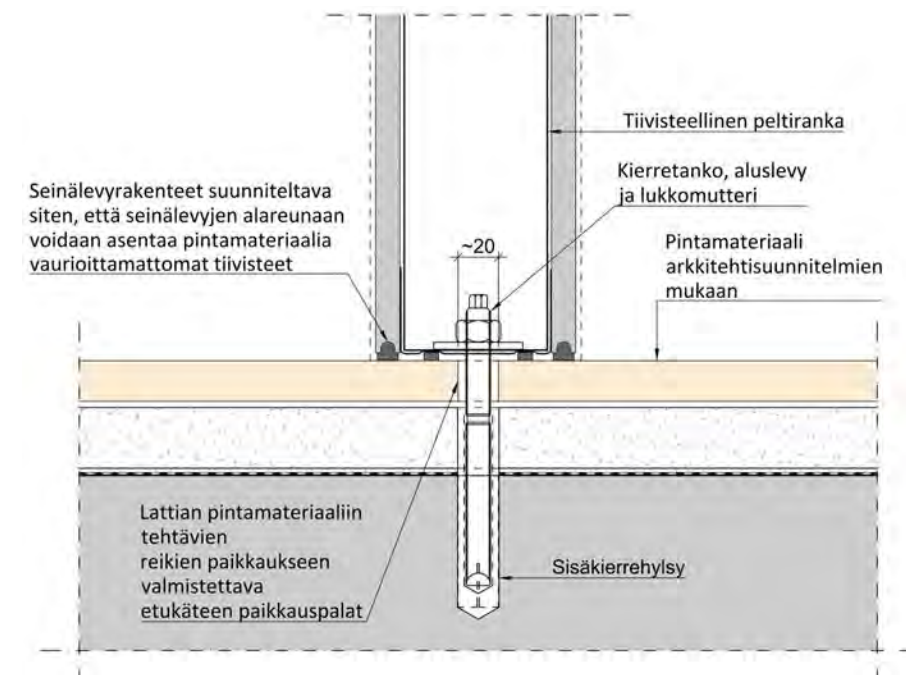
On kuitenkin huomioitava, että lattiapinnan päälle asennettavien seinien detailjiikaa tulee tarkastella tarkemmin kohdekohtaisesti, sillä lattian taustarakenteilla, pintamateriaalien kiinnitystavalla sekä huoltoväleillä on vaikutusta muun muassa akustiikkaan, lattiapinnan huoltokorjauksiin sekä myös taustarakenteiden purettavuuteen runkorakenteiden uudelleenkäytön näkökulmasta.



Kuva 88. Tyypillisimmät kevyiden ei-kantavien väliseinien sijainnit osoittavat paikat taustarakenteille.



Kuva 89. Ei-kantavien kevyiden väliseinien sekä liukuseinän taustarakenteet on mahdollista sijoittaa valmiiksi tyypillisimpiin seinien sijainteihin katon asennustilaan.



Kuva 90. Kevyiden seinien alaosan kiinnityksen ehdotelma*, jossa on pyritty huomiomaan lattiapäällysteen muodonmuutokset (päällysteen eläminen ajan myötä esimerkiksi lämpötilan vuoksi). Mahdollisten vastaavien ratkaisujen toteutettavuus tulee arvioida tapaus- ja materiaaliikohtaisesti.

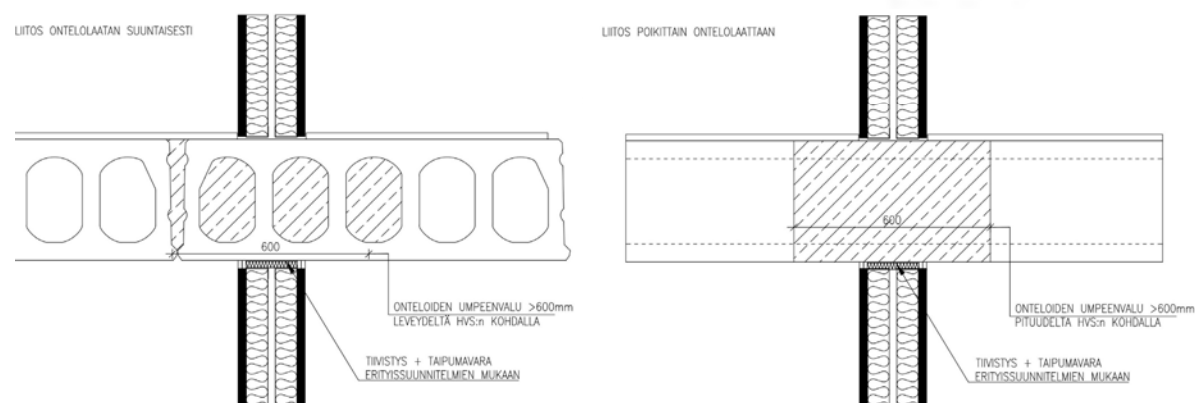
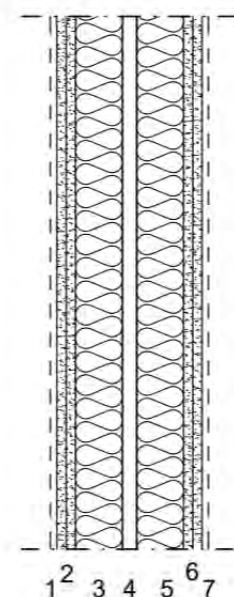
VE2 Kytköhuoneiden ja -huoneistojen väliset seinät

Kuvitteellisen kerrostalon huoneistojakaumaa voidaan muunnella hyödyntämällä kytköhuoneita tai -huoneistoja ja niihin liittyviä kevytrakenteisia huoneistojen välisiä seinäosia. Kytköhuoneiden ja -huoneistojen väliseinärakenteissa on ennalta suunnitellut aukkovaraukset, jotka voidaan tilanteen mukaan joko avata tai sulkea. Tämä mahdollistaa kytköhuoneen liittämisen joustavasti jompaankumpaan viereiseen huoneistoon ilman kantavaan rakenteeseen koskevia muutostöitä.

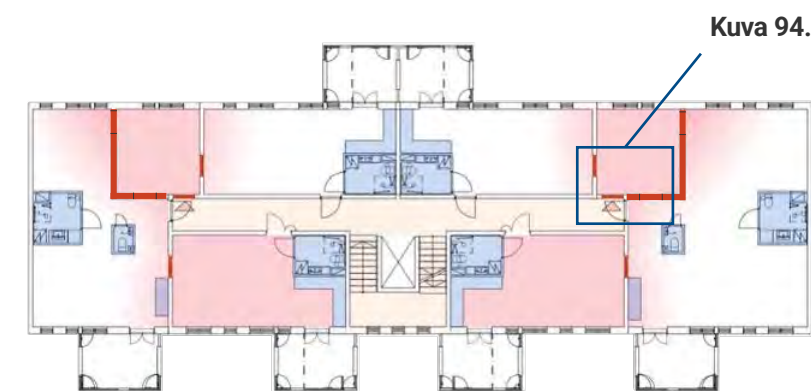
Kuvitteellisessa kerrostalossa kytköhuoneeseen voidaan järjestää erillinen kulkuyhteys myös suoraan porrashuoneesta. Tämä lisää tilan käytettävyyttä esimerkiksi erillisenä työhuoneena tai vuokrattavana tilana ja laajentaa asuntotyyppien käyttöpotentiaalia. Kytköhuone toimii näin tarvittaessa myös alueena, jonka käyttö voidaan määritellä myös ilman kytköstä kumpaankaan viereiseen huoneistoon. Huomaa, että tällä aukeamalla keskitytään vain kytköhuoneiden ja -huoneistojen välisiin seiniin, ei LVIS-ratkaisuihin (ks. luvut 7.8, 7.9 ja 7.10).

Kuva 91. Kevytrakenteinen huoneistojen välinen seinä.

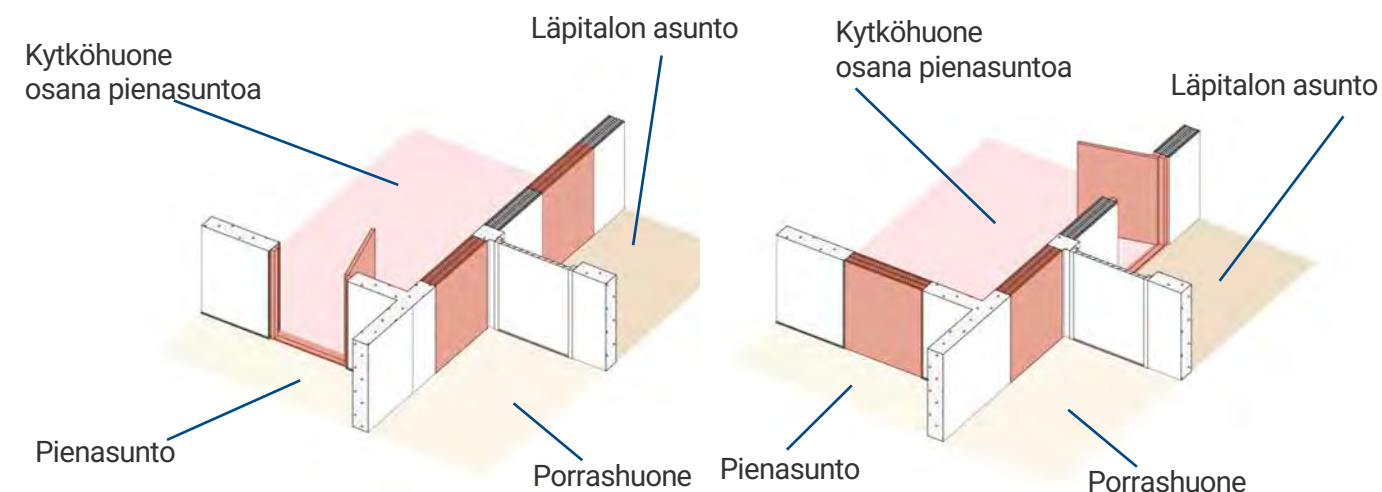
- 1 Pintamateriaali huoneselostuksen mukaan
- 2 2 x kipsilevy
- 3 Puuranka 45x66 k600 mineraalivilla
- 4 Ilmarako
- 5 Puuranka 45x66 k600 mineraalivilla
- 6 2 x kipsilevy
- 7 Pintamateriaali huoneselostuksen mukaan



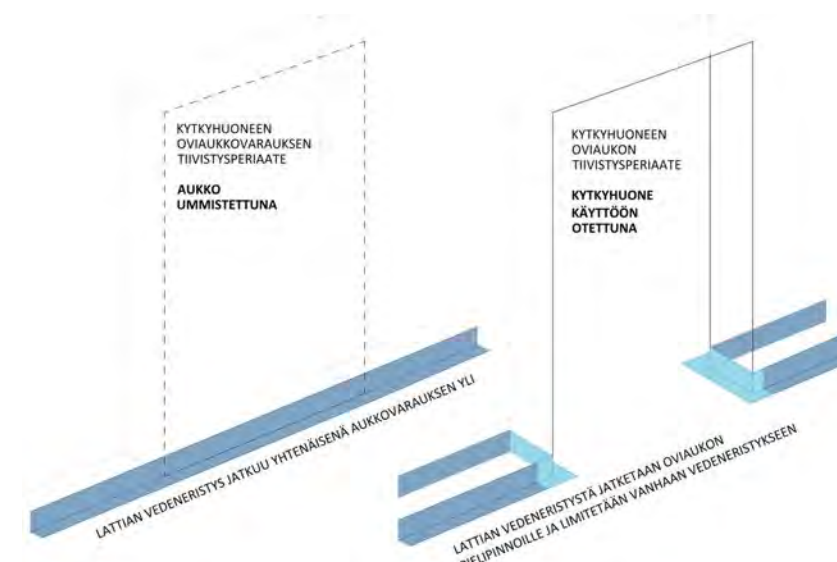
Kuva 92. Huoneistojen välisen kevyen seinän akustinen periaate.



Kuva 93. Kytköhuoneet ja -huoneistot on merkitty vaaleanpunaisella värillä. Kevytrakenteiset huoneistojen väliset seinät on merkitty tummanpunaisella värillä.



Kuva 94. Aksonometria kytköhuoneen liittymisestä kahteen viereiseen asuntoon.



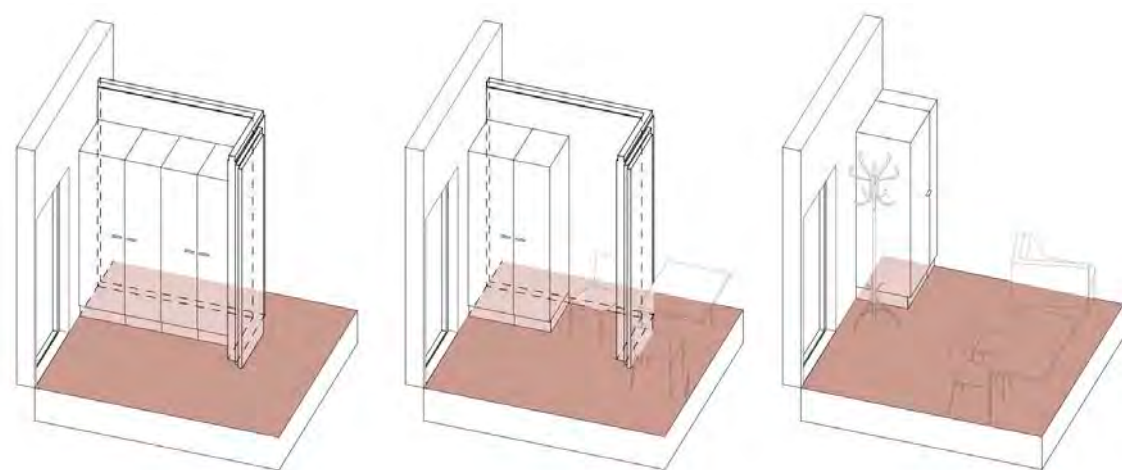
Kuva 95. Lattialiittymien tiivistysten muutokset tulee huomioida avattavien oviaukkojen kohdalla.

VE2 Lattioiden pintarakenteet ja pinnat

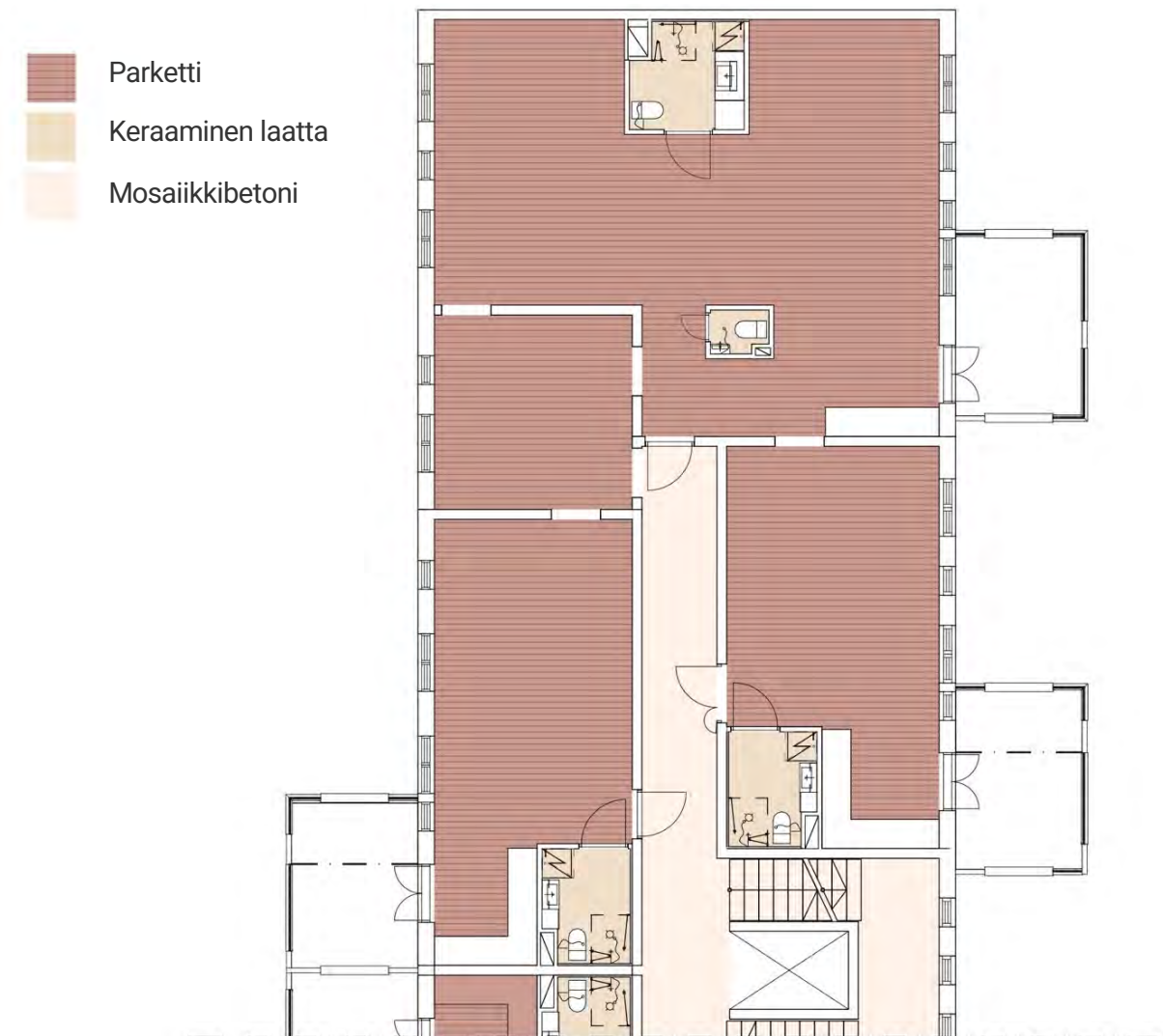
Kuvitteellisen kerrostalon huoneistojen kuivissa tiloissa käytetään lattiapintamateriaalina parkettia. Parketti soveltuu muunneltaviin tilaratkaisuihin, sillä kevyet väliseinät voidaan asentaa suoraan liimattavan parkettilattian päälle ilman, että lattiarakenne vaatii muutoksia (esim. Timberwise Oy, henkilökohtainen tiedonanto, 24.6.2025). Materiaalin huollettavuus, kuten hionta ja pintakäsittely, pidentää sen käyttöikää ja mahdollistaa lattian ennallistamisen, jos huonejakoa muutetaan myöhemmin.

Parketti asennetaan koko asuntoon ennen kevyiden väliseinien rakentamista. Tämä toteutustapa mahdollistaa sen, että asunto voidaan luovuttaa myös niin sanottuna raakatila-asuntona, jossa sisätilat ovat avointa ja yhtenäistä lattiapintaa. Asukas voi myöhemmin jakaa tilan erilaisiin osiin asentamalla kevyet väliseinät suoraan parketin päälle ilman, että lattiarakenteita tarvitsee muuttaa. Kun lattiamateriaalin päälle asennetaan sekä kevyitä väliseiniä että kiintokalusteita, voidaan asuntoon toteuttaa useita erilaisia tilaratkaisuja sen koko elinkaaren aikana. Tämä lisää asumisen joustavuutta, tukee asukkaiden muuttuvia tarpeita ja pidentää tilojen käyttöikää ilman mittavia remontteja. Esimerkiksi kuvassa 96 esitetään esimerkinomaisesti erilaisia pienasunnon eteis- ja säilytyskalusteratkaisuja, jotka hyödyntävät parkettilattian päälle sijoitettavia elementtejä ja korostavat modulaarisuuden etuja muunneltavuuden kannalta.

Märkätiloissa lattiamateriaalina käytetään keraamista laattaa, joka kestää hyvin kosteutta ja on pitkäikäinen vaihtoehto kovalle kulutukselle altistuvissa tiloissa. Porras-huoneissa lattiamateriaalina on mosaiikkibetonilaatta, joka on kestävä sekä helposti puhdistettava ja soveltuu hyvin julkisten tilojen kovaan kulutukseen.



Kuva 96. Esimerkkejä pienasunnon eteis- ja säilytyskalusteratkaisuihin, joissa lattian pintamateriaalin päälle sijoitettavat kalusteet tukevat tilojen muunneltavuutta.



Kuva 97. Kuvitteellisen kerrostalon lattioiden pintamateriaalikaavio.

VE2 Tilamitoitus ja vakiomitoitetut tilavarusteet

Tilamitoitus on keskeinen osa elinkaariominaisuuksia huomioivaa rakennussuunnittelua. Kuvitteellisen kerrostalokohteen suunnittelussa tilamitoitusta ohjasivat sekä rakentamismääräykset että erilaisten, vaihtuvien ja ajassa muuttuvien käyttäjätarpeiden huomioiminen. Tämä lähestymistapa voidaan tulkita investoinniksi rakennuksen käyttöiän pidentämiseen. Sopiva tilamitoitus varmistaa, että tilojen käyttö on sujuvaa ilman turhia rajoitteita tai hukkatilaa ja se tukee erilaisten asukkaiden itseenäistä asumista. Samalla se tukee sitä, että huoneistot voivat palvella monenlaisia asumisen tapoja, harrastustarpeita ja luoda etätyömahdollisuuksia. Näin saavutetaan asuntoratkaisuja, jotka kykenevät mukautumaan asukkaiden elämäntilanteiden muutoksiin ja erilaistuviin asumistarpeisiin rakennuksen koko käyttöiän ajan. (RT 103602, 2023.)

Kuvitteellisessa kerrostalossa pienempien huoneistojen pitkä sivu on sijoitettu julkisivun suuntaisesti, mikä mahdollistaa useiden ikkunoiden sijoittamisen myös pienempiin asuntoihin. Tämä tasapainottaa luonnonvalon jakautumista pienten huoneistojen tiloihin. Lisäksi runkosyvyys on kuvitteellisessa kerrostalokohteessa maltillinen, jonka ansiosta myös suuremmissa lamellin päätyyn asettuvissa huoneistoissa luonnonvalaistus on tasapainoinen eri puolilla huoneistoa. Edellä esitetyistä syistä johtuen luonnonvalo ulottuu myös pienen huoneiston takaosiin, ja suuremman huoneiston keskiosiin, jolloin kaikki tilat saavat päivänvaloa ja keinovalaistuksen tarve vähenee. Tasaisen luonnonvalon saavuttaminen liittyy lukuisiin aiheisiin, jotka nousevat esille myös asukkaiden preferensseissä. Näitä ovat esimerkiksi useiden ikkunanäkymien sekä sisä- ja ulko-tilojen arvostettujen jatkumoiden luominen sekä läpituuletuksen, hyvän luonnonvalaistuksen ja visuaalisen läpäisevyyden mahdollistaminen, joista jälkimmäiset liittyvät myös tilan koettuun avaruuden tuntuun, joka on niin ikään asukkaiden arvostama ominaisuus (Kuoppa ym., 2019; Saarimaa ym., 2023; Finlay ym., 2012).

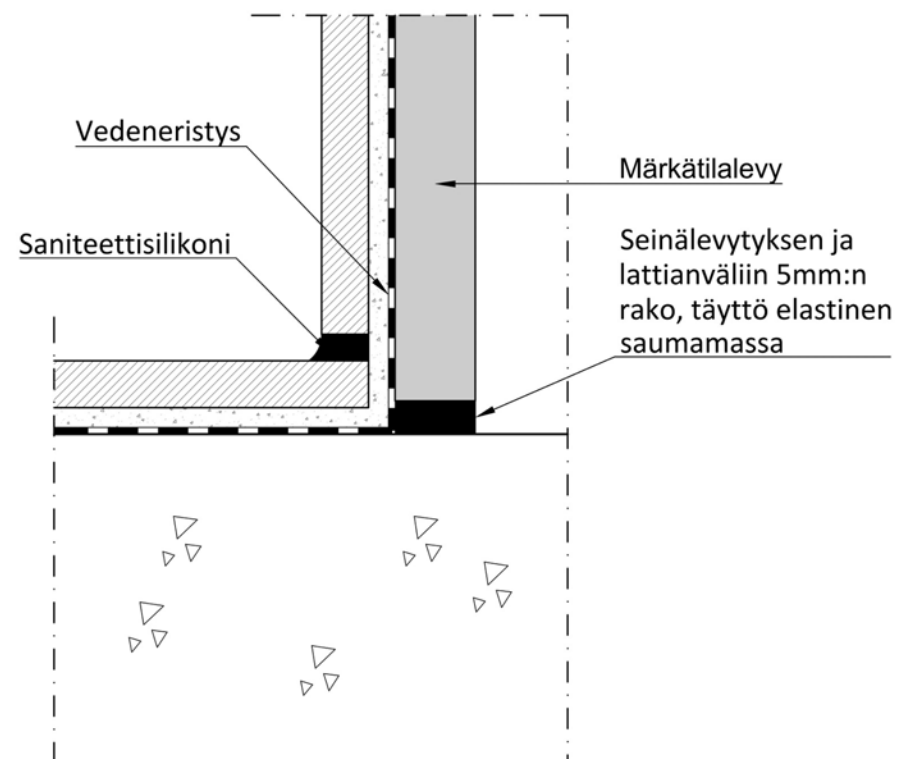
Tilamitoitukseen vaikutti myös uudelleenkäytettävyyttä edistävä kantavien rakenteiden mittojen standardointi. Standardoidut moduulimittaiset laatat mahdollistavat komponenttien ja varaosien paremman yhteensopivuuden uudelleenkäyttövaiheessa. Kuvitteellisen kerrostalon suunnitteluprosessissa havaittiin, että mitoitukseltaan standardoitujen laattojen käyttö ei rajoittanut joustavuuden toteutumista. Tilamitoituksessa on oleellista myös standardimitoitettujen tilavarusteiden yhteensopivuus, koska se mahdollistaa tilavarusteiden tai niiden sijainnin kustannustehokkaan vaihdettavuuden, joka jälleen voi palvella vaihtuvia asumisen tarpeita.



Kuva 98. Käyttäjätarpeet huomioiva tilojen mitoitus yhdistettynä vakiomitoitettuihin kiintokalusteisiin mahdollistaa monipuolisesti käytettävät ja kalustettavat asunnot. Lattian pintamateriaalin päälle asennettavat säilytyskalusteet luovat erityisesti pienasuntoihin monipuolisia käytön ja kalustamisen mahdollisuuksia.

VE2 **Kylpyhuoneet**

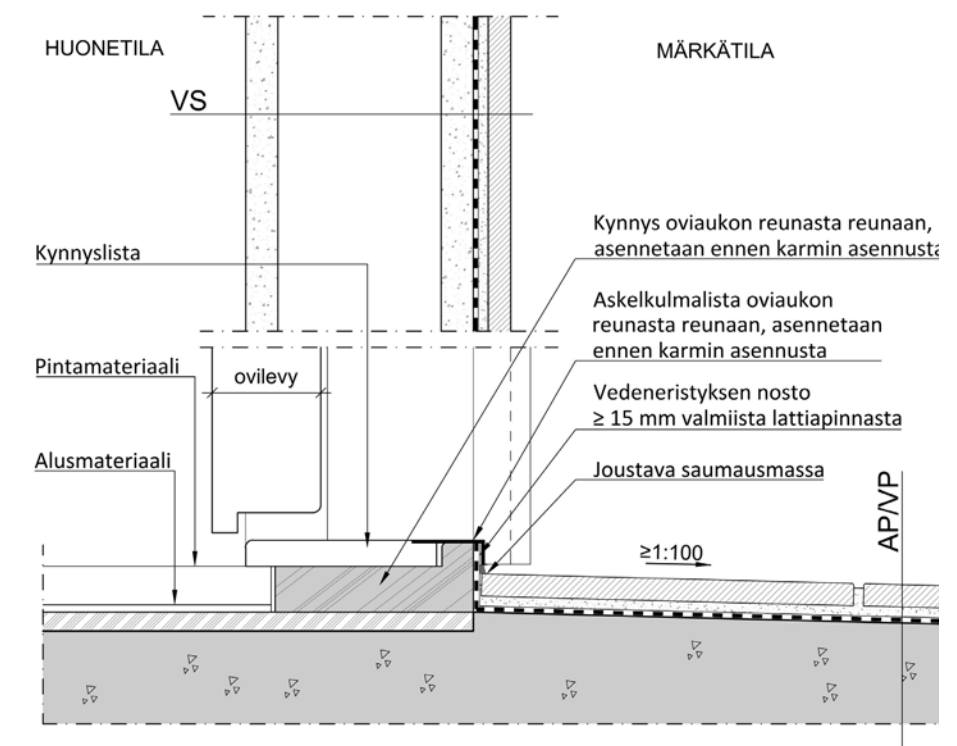
Märkätilat ovat huoneistojen sisäosista kaikkein rasitetuimpia, joten vedeneristysten ja asennusten yksityiskohtien suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota. Esitetyt detaljit edustavat tavanomaisia toteutustapoja, mutta kuvitteellisen kerrostalon osalta halutaan korostaa rasitetuimpien tilojen yksityiskohtien huolellisen suunnittelun tärkeyttä. Tämän lisäksi huomiota kuvitteellisen kerrostalon ratkaisuihin on pyritty kiinnittämään putkiasennusten tarkastettavuuden ja korjattavuuden toteutumiseen siten, että se voidaan toteuttaa ilman esimerkiksi vedeneristeiden purkuja.



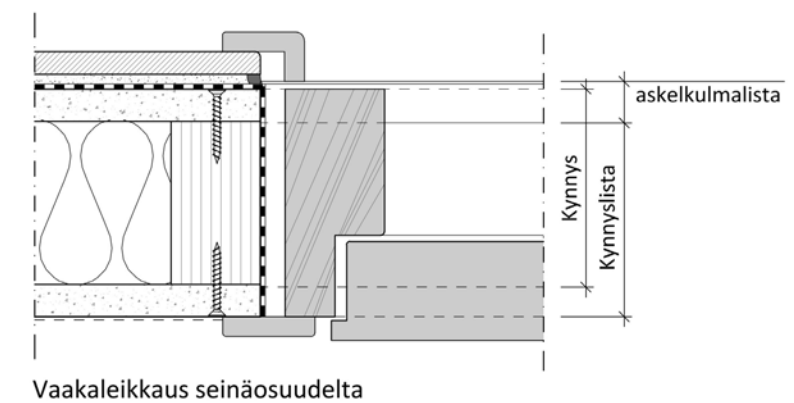
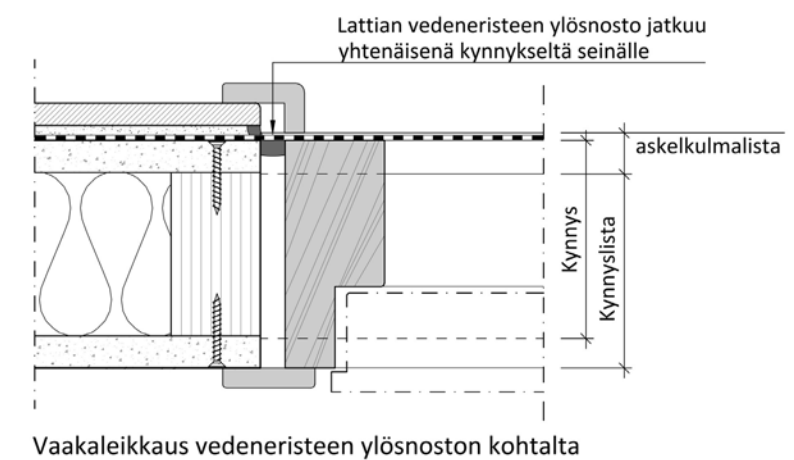
Kuva 99.

Kuvat 99 (yllä), 100–101 (oikealla). Vedeneristysten toteutuksen suunnitelmat. Märkätilan lattia- ja seinärakenteet sekä vedenpoisto on suunniteltava ja toteutettava siten, ettei vesi valu rakojen kautta tai siirry kapillaarivirtauksena ympäröiviin rakenteisiin tai huonetiloihin. Tämä estetään yhtenäisellä vedeneristyskerroksella.

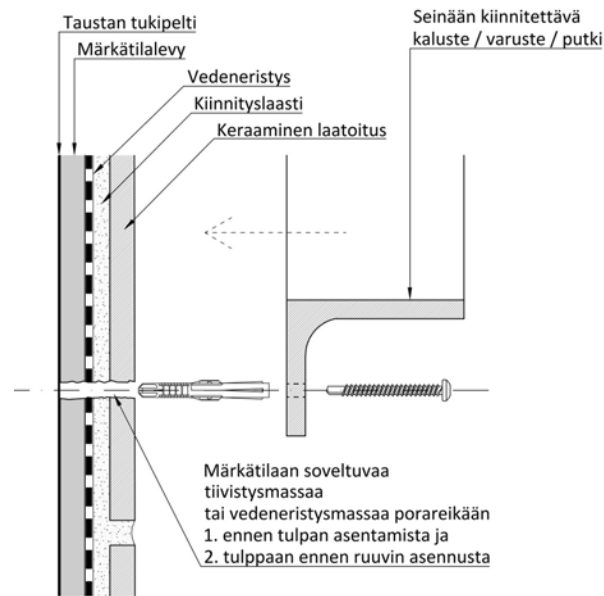
Lattian ja seinän vedeneristyksen on liityttävä vesitiiviisti yhteen. Tämä tarkoittaa huomion kiinnittämistä yksityiskohtien, kuten läpivientien ja liittymien, toteutukseen.



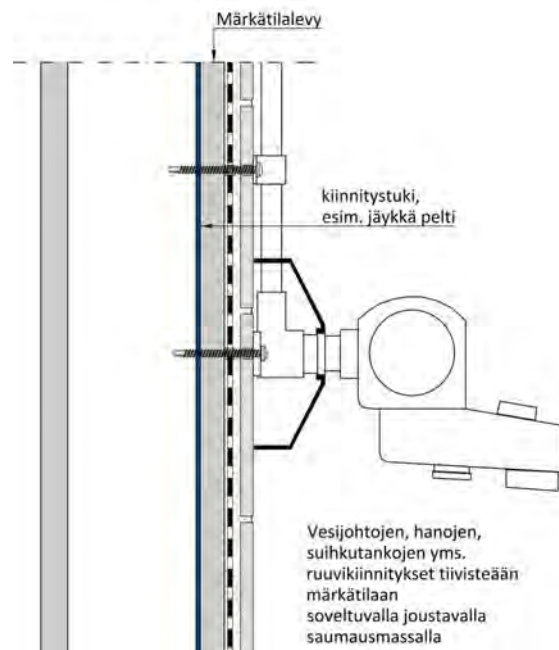
Kuva 100.



Kuva 101.



Kuva 102.

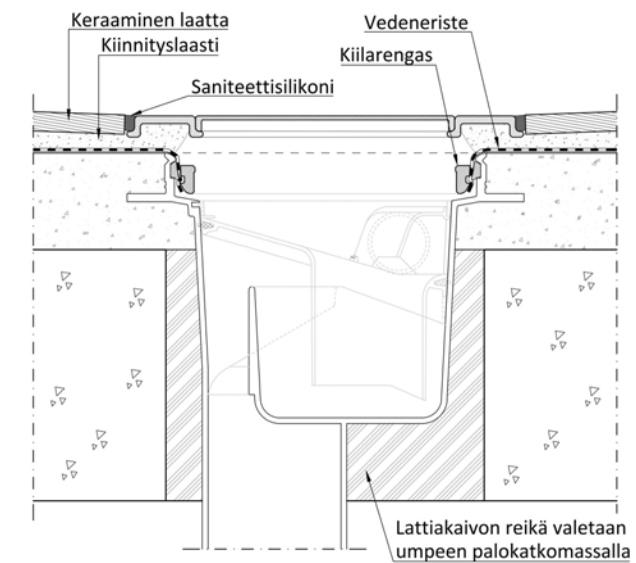


Kuva 103.

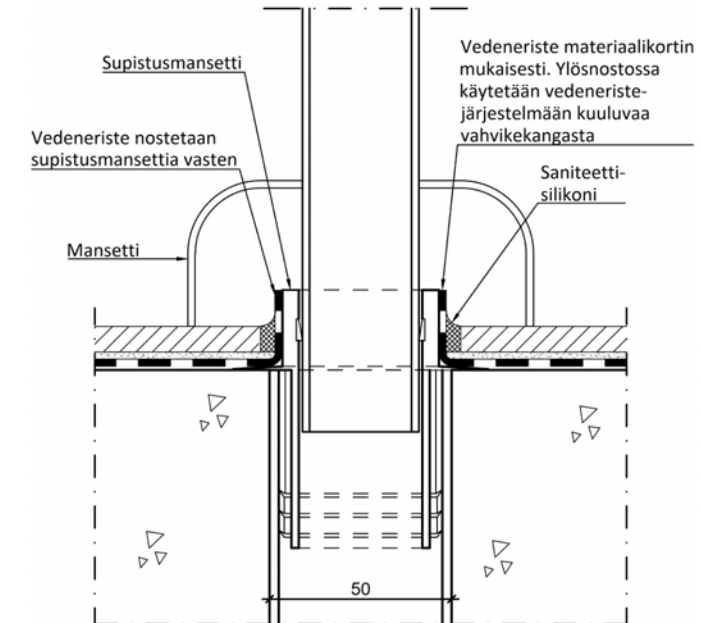
Kuvat 102–103 (yllä). Kalusteiden kiinnityseriaate märkätilassa. Märkätilan komerot, kaapit ja kalusteet tehdään kosteudenkestävistä materiaaleista ja kiinnitetään seinään tai putkijalkojen varaan. Erityisesti puupohjaiset kalusteet asennetaan irti lattiasta.

Kaikki kiinnitysruuvin reiät tulee tiivistää märkätilaan soveltuvalla joustavalla saumaussmassalla.

Vesijohtoasennukset toteutetaan märkätiloihin pinta-asennuksina. Tämän ansiosta mahdolliset vuodot tulevat ilmi nopeasti. Lisäksi putket ovat helposti tarkastettavissa ja uusittavissa ilman merkittäviä purkutöitä esimerkiksi vedeneristettyihin rakenteisiin.



Kuva 104.



Kuva 105.

Kuvat 104–105 (yllä). Märkätilan lattiakaivojen ja läpivientien asennuseriaatteet. Märkätilan lattiaa ei saa tehdä muita kuin viemäroinnin edellyttämiä läpivientejä. Lattiakaivon, sen putkiliitosten ja vedeneristysten liitokset mahdollisine korotusrakenteineen tehdään vedenpitäviksi. Lattiakaivot sijoitetaan vesirasitetuimmille alueille.

Pesualtaan ja wc-istuimen kohdalla viemäriputki tuodaan niin ylös, että vedeneriste saadaan nostettua sitä vasten vähintään 15 mm valmista lattiapintaa ylemmäksi.

Kuvitteellisen kerrostalon kylpyhuoneissa viemäriasennukset toteutetaan ontelolaattavälipohjan läpi siten, että asennukset sijaitsevat alemman kerroksen kylpyhuoneen katossa, josta ne ovat tarkastettavissa ja tarvittaessa korjattavissa helpommin kuin muita asennustapoja käytettäessä.

7.8 Lämmitysjärjestelmät

Rakennuksen lämmitysjärjestelmä on kokonaisuus, joka tuottaa lämpöenergiaa rakennuksen lämpötalouden hoitamiseksi. Lämmitysjärjestelmiin kuuluvat lämmöntuotanto-, lämmönjakelu- ja lämmönluovutusjärjestelmät sekä niiden säätö-, ohjaus- ja valvontajärjestelmät. (LVI 10-10397, 2006; Ratu KI-6020, 2011.)

Tärkeimmät huomiot elinkaariominaisuuksien kannalta

Nykyaikainen energiatehokas lämmitysjärjestelmä koostuu yleensä vesikiertoisesta lämmitysjärjestelmästä, minkä vuoksi **säilyvyyttä** takaavan korjattavuuden ja vikasietoisuuden näkökulmasta järjestelmän suunnittelussa on syytä kiinnittää huomiota lämmönsiirtoputkien sijoitteluun. Mitä vähemmän järjestelmästä joudutaan piilottamaan rakenteisiin, sitä parempi vikojen havaittavuus ja korjattavuus saavutetaan. Vikaantuessaan rakenteissa kulkevat vesiputket saattavat aiheuttaa huomattavia vesivaurioita rakenteisiin ennen kuin vikaantumiseen pystytään reagoimaan.

Lämmitysjärjestelmän suunnittelulla on merkittävä vaikutus tilojen **joustavuuteen**. Jotta tilajärjestystä voidaan rakennuksen elinkaaren aikana muuttaa, lämmitysjärjestelmän on mahdollistettava nämä muutokset ilman suuria muutostöitä. Esimerkiksi lämmityspisteet (vaikkapa patterit) eivät saisi rajoittaa tilan jakamista. Jos käytetään lattialämmitystä, erityisesti vesikiertoista, tulee suunnittelussa huomioida tilavyöhykkeiden rajat ja säätömahdollisuudet, jotta tilajärjestyksen muutos ei vaadi koko lämmitysjärjestelmän muuttamista.

Muista rakennusosista riippumattomasti toteutetut, helposti saavutettavat pinta-asenteiset rakennustuotteet edistävät myös osien **uudelleenkäytettävyyden** ja kierrätettävyyden mahdollisuuksia helpon purettavuuden kautta. Välttämällä talotekniikan integroimista kantaviin rakenteisiin vähennetään rakenteiden rikkoutumista irrottamisen yhteydessä.

Lämmitysjärjestelmällä on keskeinen rooli rakennuksen toimivuudessa ja energiatehokkuudessa. Huolellinen lämmitysjärjestelmän valinta ja suunnittelu vähentää vikaantumisriskejä ja parantaa rakennuksen korjattavuutta ja huollettavuutta sekä käytettävyyttä koko sen elinkaaren ajan. Lisäksi lämmitysjärjestelmän sopivat valinnat yhdessä muiden huomioiden kanssa mahdollistavat joustavuuden ilman kalliita ja riskialttiita remontteja.

VE1

Vesikiertoinen lattialämmitysjärjestelmä

Vesikiertoinen lattialämmitys on yleinen lämmönjakotapa uusissa pientaloissa ja on yleistymässä myös kerrostalorakentamisessa. Lattialämmitysjärjestelmissä jokaiselle huonetilalle muodostetaan oma lämmityspiiri. Lämmityspiirille tuodaan putket jakotukilta, joka voidaan sijoittaa esimerkiksi kylpyhuoneen yhteyteen. Yksittäinen lämmityspiiri toteutetaan yhtenäisenä putkena ilman lattiarakenteeseen jääviä liitososia. Ratkaisu tarjoaa tasaisen lämmönjaon koko huoneeseen. Lattialämmitysjärjestelmän mitoituslämpötilat ovat yleensä matalampia kuin patterilämmitysjärjestelmissä, mikä mahdollistaa yleensä paremman energiatehokkuuden.

Lämmönluovuttimena järjestelmässä toimii lattiapinta, jolloin seinäpintoja vapautuu sisustettavuuden ja sisäisen joustavuuden käyttöön. Koska lattialämmityspiirit ovat huonekohtaisia, huoneiston sisäinen muunneltavuus kuitenkin kärsii. Lämmitysputkien sijoittaminen lattiarakenteisiin heikentää myös järjestelmän vikojen havainnointia ja korjattavuutta. Rakenteen sisäisiä putkistoja uusittaessa joudutaan purkamaan myös ympäröiviä rakenteita.

VE2

Vesikiertoinen patterijärjestelmä

Vesikiertoinen patterijärjestelmä on perinteinen tapa toteuttaa vesikiertoinen lämmönjako. Nykyään patterijärjestelmät yleisesti toteutetaan kaksiputkijärjestelmänä, jossa jokaisella patterilla on omat meno- ja paluuveden putket, jotka yhdistetään runkoputkiin. Kerrostaloissa runkoputkina käytetään yleisesti useita nousulinjoja. Yleisesti patterit pyritään sijoittamaan ikkunoiden alapuolelle. Tämä sijoittelu auttaa estämään kylmän ilman virtausta sisään ja parantaa huoneen lämpötilan tasaisuutta.

Kuvitteellisen kerrostalon ehdotettuna ratkaisuna järjestelmän liitos- ja nousuputket asennetaan pinta-asennuksina vikojen paremman havainnoinnin vuoksi. Ratkaisu vähentää myös tarvetta rakenteiden avaamisille osia uusittaessa tai korjattaessa. Patterijärjestelmän energiatehokkuutta voidaan parantaa valitsemalla matalalämpöpatterit, jotka ovat suunniteltuja käytettäväksi matalimmilla mitoituslämpötiloilla. Haittapuolena matalalämpöpatterit ovat tavanomaisia pattereita suurempia, mikä osaltaan heikentää tilojen ja suunnittelun joustavuutta.



Kuvitteelliseen kerrostaloon valittu ratkaisu



Lämmitysjärjestelmä

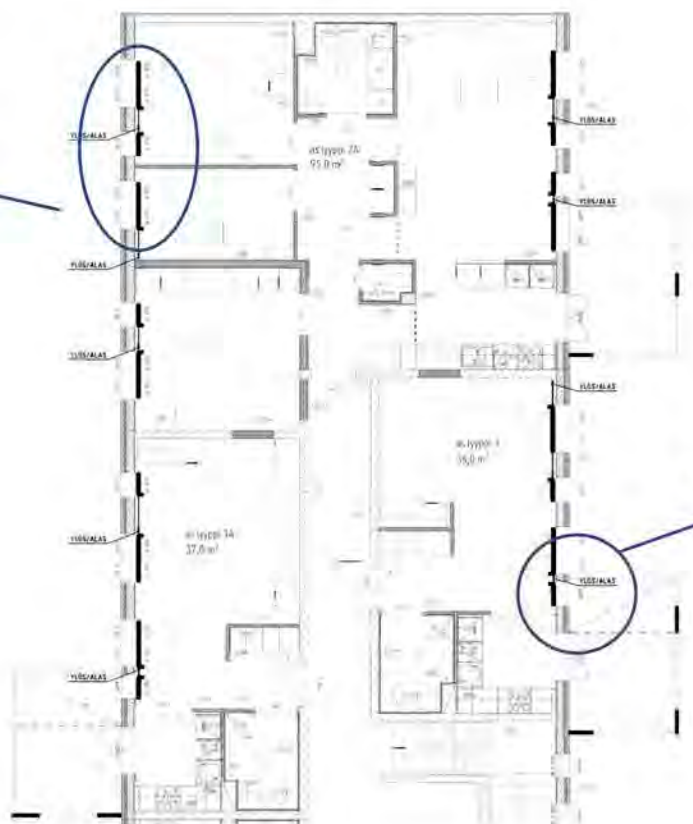
Kuvitteellisessa kerrostalossa on päädytty vesikiertoiseen patterilämmitysjärjestelmään lattialämmityksen sijasta sen paremman korjattavuuden ja uusittavuuden ansiosta. Mahdolliset vuodot on myös nopeampi havaita, ja näistä mahdollisesti aiheutuvat korjaukset on helpompi toteuttaa.

Vesikiertoinen patterilämmitysjärjestelmä

Vesikiertoisessa patterijärjestelmässä saavutetaan lattialämmitystä parempi vikojen havainnointi ja osien korjattavuus purkamatta rakenteita. Joustavuutta tukeva tilaratkaisu osaltaan tukee patterijärjestelmän käyttöä lattialämmityksen sijaan. Tilamuutosten ja huonejaon muutoksissa patterijärjestelmään kohdistuu pienempi vaurioriski.

Pinta-asenteisina toteutetut lämmitysputket parantavat mahdollisuuksia havaita vikoja ja reagoida niihin nopeasti sekä parantavat huollon ja korjattavuuden mahdollisuuksia rakenteista riippumattomasti. Ikkunoiden alle sijoitetut lämmityspatterit mahdollistavat erilaiset asuntojen sisäiset ja asuntojen väliset tilaratkaisut ja tilajaot ilman muutostarpeita järjestelmään. Muista rakenneosista pääosin riippumattomat järjestelmäosat parantavat järjestelmän kierrätettävyyttä. Runkoputkien läpivientien toteutus rikkomatta ontelolaattoja parantaa ontelolaattojen uudelleenkäytettävyyttä.

Kuva 108

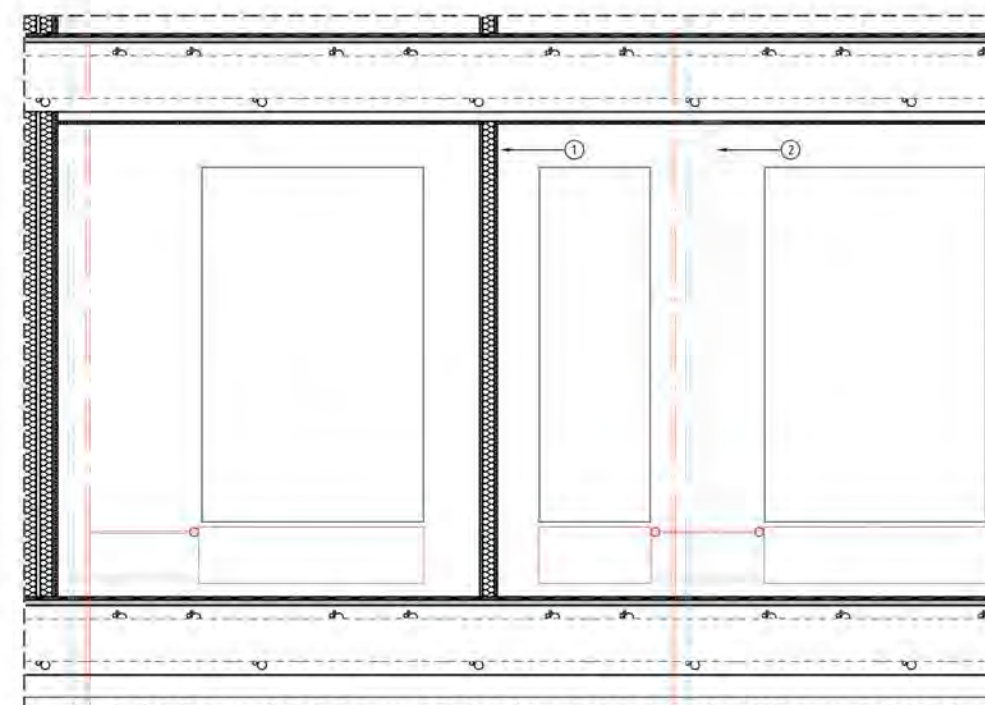
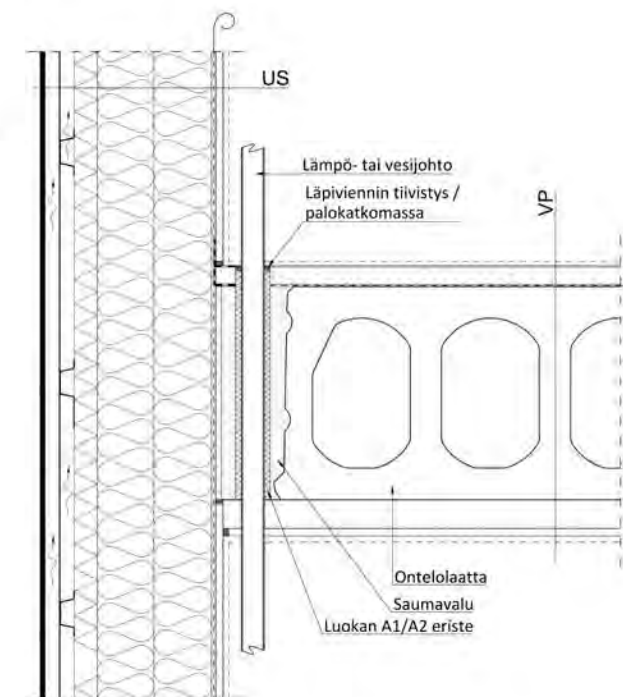


Kuva 107



Kuva 106. Lämmitysjärjestelmän pohjakaavio.

Kuva 107. Periaatepiirros pystylinjan läpiviennistä välipohjan läpi betonivalussa rikkomatta ontelolaattarakennetta. Tämä osaltaan parantaa ontelolaatan uudelleenkäytettävyyttä.



Kuva 108. Pattereiden sijoittelut huoneistossa.

Periaatepiirros patteriputkien toteutuksesta. Toteutus tavanomaisesti kaksiputkijärjestelmänä, jossa jokaisella patterilla on omat meno- ja paluuveden putket, jotka yhdistetään pystyrunkoputkiin. On mahdollista kytkeä useampi patteri samaan pystyrunkoputkistoon ja tehdä läpiviennit kevyiden väliseinien läpi ilman merkittäviä heikennyksiä huoneiston sisäiseen joustavuuteen.

1. Kevyt väliseinä
2. Kevyen väliseinän vaihtoehtoinen sijainti

7.9 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Rakennuksen vesi- ja viemärijärjestelmät tarkoittavat rakennuksen kylmän ja lämpimän käyttöveden jakelujärjestelmää sekä syntyneiden jätevesien poisjohtamiseen tarvittavaa viemärijärjestelmää. Viemärijärjestelmä jakautuu talon sisäisen verkoston ohella ja ulkoiseen viemäriverkostoon, ja se rakennetaan siten, että jätevesi pääsee jokaisesta käyttökohteesta suoraan viemäriverkostoon ja edelleen kunnalliseen viemäriverkostoon. (Ratu KI-6020, 2011; TalotekniikkaRYL, 2024.)

Tärkeimmät huomiot elinkaariominaisuuksien kannalta

Asuinrakennuksissa tapahtuvia vesivahinkoja aiheutuu mm. asukkaan huolimattomuuden ja kodinkoneiden rikkoontumisten lisäksi myös vesi- ja viemärijärjestelmän vikaantumisten ja rikkoutumisten seurauksena. Putkistot on suunniteltava siten, että mahdollinen vesivuoto on helposti havaittavissa ja järjestelmäosat tarkastettavissa, korjattavissa ja vaihdettavissa (Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärilaitteistoista 1047/2017, 13§). Järjestelmän toteuttamisessa **säilyvyyden** näkökulmasta on tärkeää, että vuodot on mahdollista havaita nopeasti ja korjaustoimenpiteet eivät aiheuta tarpeetonta rakennusosien purkamista. Mitä vähemmän järjestelmästä joudutaan piilottamaan rakenteisiin, sitä parempi vikojen havaittavuus ja korjattavuus saavutetaan. Tekniikkahormeissa sijaitsevien putkistojen vikaantumisen havainnointia parannetaan vuodonilmaisimilla. Vikaantuessaan rakenteisiin asennetut vesiputket saattavat aiheuttaa merkittäviä vesivaurioita rakenteisiin ennen kuin vikaantumiseen pystytään reagoimaan.

Joustavuus ei välttämättä edellytä muutoksia vesi- ja viemärijärjestelmiin, sillä tiloja voidaan muunnella joustavasti myös ilman, että näihin järjestelmiin tehdään muutoksia. Tämän julkaisun kuvitteellisen kerrostalon muunneltavuus ei liity vesi- ja viemäripisteiden muutoksiin, mutta niiden ja niitä sisältävien märkätilojen optimaalinen sijainti on silti oleellista muun huoneiston monipuolisen kalustettavuuden ja mahdollisten tilamuutosten kannalta. Mikäli joustavuuden halutaan mahdollistavan myös märkätilojen muutokset, tarvitaan erityisiä rakenteita ja järjestelyjä. Tällaisia ovat esimerkiksi tekniikkaseinät ja -vyöhykkeet, joihin putkistot on keskitetty helposti saavutettavaan tilaan, mikä helpottaa vesipisteiden siirtoa. Lisäksi voidaan käyttää alaslaskettuja kattoja sekä korotettuja lattioita, jotka antavat vapautta vesi- ja viemäriputkistojen sijoitteluun ja siirtoon. Tällaiset ratkaisut eivät ole useinkaan kustannussyistä kerrostaloihin sopivia, ja tämä on mahdollisten riskien ohella syy siihen, miksi emme käsittele niitä tarkemmin tässä julkaisussa.

Uudelleenkäytön näkökulmasta vesi- ja viemärijärjestelmien suunnittelussa on olennaista, että niiden toteuttaminen rikkoo kantavia rakenteita mahdollisimman vähän ja uudelleenkäytettäväksi kelpaamattomien rakenteiden määrä on minimoitu. Tämä edellyttää esimerkiksi erityistä huolellisuutta pystyviemäreiden sijoittamisessa ja poikkeuksellisten kylpyhuoneen lattiarakenteiden käyttöä. Lisäksi muista rakennusosista riippumattomasti toteutetut helposti saavutettavat rakennustuotteet edistävät myös osien uudelleenkäytettävyyttä ja kierrätettävyyttä helpon purettavuuden kautta.

VE1

Tyypillinen vesi- ja viemärijärjestelmä

Tyypillisesti nykyaikaisessa kerrostalorakentamisessa käyttövesi- ja viemäriputket asennetaan osin seinä- ja välipohjarakenteisiin. Käyttövesiputkien rakenteissa kulkevissa piiloasennuksissa käytetään yleisesti suojaputkeen asennettuja liitoksetomia muoviputkia. Suojaputken avulla mahdolliset vuotovedet kuljetetaan näkyville esimerkiksi alakattoihin, josta vuodot on mahdollista havaita. Kytkeä- ja vaakakoojaviemärit voidaan asentaa välipohjarakenteiden sisään ja johtaa tekniikkahormissa sijaitsevaan runkoviemäriin. Vesi- ja viemärijärjestelmien korjattavuuden, riippumattomuuden ja saavutettavuuden näkökulmasta rakenteisiin asennetut putkistot vaikeuttavat järjestelmien huollettavuutta ja korjattavuutta.

VE2

Riippumattomuutta korostava vesi- ja viemärijärjestelmä

Vesi- ja viemärijärjestelmän saavutettavuuden ja muunneltavuuden parantamiseksi kuvitteellisen kerrostalon ehdotettuna ratkaisuna käyttövesiputkien asennuksissa hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan visuaalisesti selkeitä pinta-asennuksia. Tällöin mahdolliset vikaantumiset voidaan huomioida nopeasti ja korjaustoimenpiteiden yhteydessä rakenteita joudutaan purkamaan mahdollisimman vähän. Käyttövesiputket tuodaan tekniikkahormien kautta kylpyhuoneen alaslaskettuun kattoon ja jaetaan vesikalusteille jakotukkien kautta. Viemäriputket viedään kylpyhuoneen ontelolaatan onteloiden läpi alemman kerroksen alaslasketun kattorakenteen yläpuolelle äänieristettyinä. Palotekninen osastointi toteutetaan palomansetein.



Vesi- ja viemärijärjestelmien vikaantuessa saattaa muodostua merkittäviä riskejä rakennuksen vaurioitumiseen ja laajoihin korjaustarpeisiin.



Kuvitteelliseen kerrostaloon valittu ratkaisu

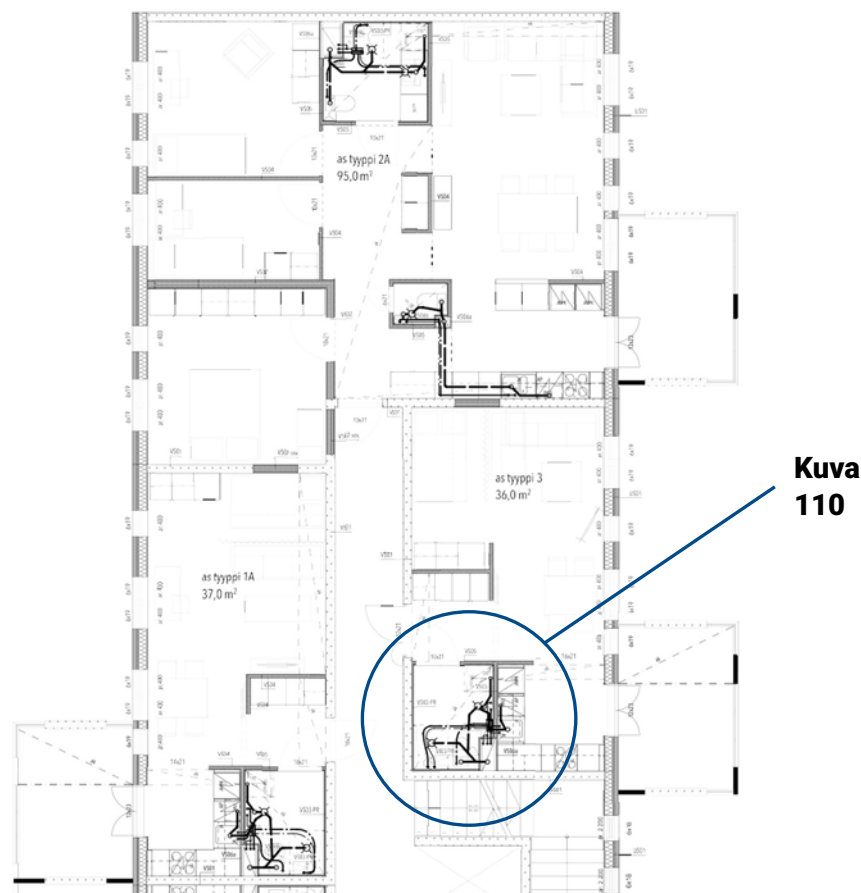
VE2 Vesi- ja viemärijärjestelmä

Kuvitteellisessa kerrostalossa on päädytty vesi- ja viemärijärjestelmään, joka välttää putkiston piilottamista rakenteisiin. Mahdolliset vuodot on myös nopeampi havaita, ja näistä mahdollisesti aiheutuvat korjaukset on helpompi toteuttaa.

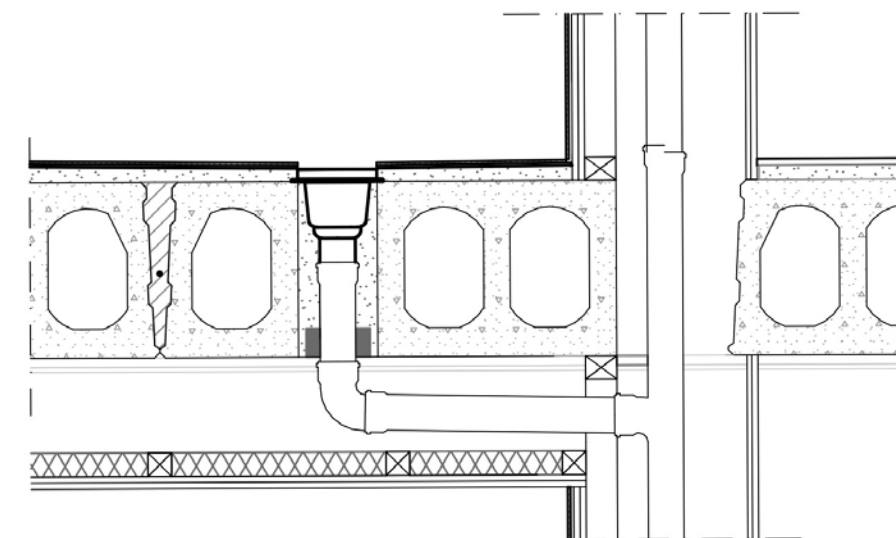
Vesi- ja viemärijärjestelmä pinta-asennuksina

Kuvitteelliseen kerrostaloon ehdotettu vesi- ja viemärijärjestelmä tukee elinkaariominaisuuksia pinta-asennuksina ja alaslasketuissa katoissa toteutettujen asennustapojen kautta. Riippumattomat sekä helposti vaihdettavat ja korjattavat putkiosat edistävät etenkin säilyvyyden ja muunneltavuuden ominaisuuksia.

Viemäriputket viedään kylpyhuoneen ontelolaatan onteloiden läpi alemman kerroksen alaslasketun kattorakenteen yläpuolelle äänieristettyinä, jolloin saavutetaan järjestelmän hyvä riippumaton korjattavuus ja vikojen havainnointi. Käyttövesiputkistot asennetaan mahdollisuuksien mukaan pinta-asennuksina korjattavuuden ja vikojen havainnoinnin parantamiseksi.



Kuva 109. Vesi- ja viemärijärjestelmän pohjakaavio.



Kuva 110. Viemäriputkien läpiviennit ontelolaattojen läpi ja vaakaputket alaslaskettujen kattojen yläpuolella.

- Viemärit asennettuna kylpyhuoneen ontelolaatan läpi alemman kerroksen alaslasketun katon yläpuolelle.
- Viemäreiden läpiviennit sijoitetaan ontelolaatan onteloiden kohdalle, ontelolaattarakenteen uudelleenkäytettävyyden säilyttämiseksi
- Viemäriputket alaslasketussa kattorakenteessa äänieristetään esim. mineraalivillalla
- Paloeristys toteutetaan palomansetein

(Kuva: Tuomo Joensuu)

7.10 Ilmanvaihtojärjestelmät

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmällä ylläpidetään rakennuksessa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu. Asianmukaisesti toteutettu järjestelmä tuo tiloihin riittävän ulkoilmavirran sekä poistaa sisäilmasta kosteutta, epäpuhtauksia ja haitallisia aineita. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017.)

Tärkeimmät huomiot elinkaariominaisuuksien kannalta

Oikein toteutettu ja hyvin toimiva ilmanvaihtojärjestelmä edistää rakennuksen **säilyvyyttä** pitämällä yllä sopivia sisäolosuhteita, mm. poistamalla epäpuhtauksia ja kosteutta (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017, 8§). Ilmanvaihtokanaviston helposti saavutettavat ratkaisut alaslasketuissa kattorakenteissa parantavat järjestelmän saavutettavuutta ja huollettavuutta.

Ilmanvaihtokanaviston uusimistarve ei johdu mekaanisesta kulumisesta vaan ilmanvaihtojärjestelmään tai sen käyttötarpeeseen tai mitoitukseen kohdistuvista muutoksista (RT 103766, 2025). **Joustavaksi** suunniteltu ilmanvaihtokanavisto on toteutettu huoneistojen odotetun tiheimmän huonejaon mukaisesti, jolloin tila- tai huoneistojaon muutosten yhteydessä kanavistoon ei tarvita merkittäviä muutoksia.

Koska kanaviston asianmukainen toiminta ja käyttö ei johda mekaaniseen kulumiseen, ilmanvaihtokanavien **uudelleenkäytölle** on olemassa potentiaalia. Mahdollisimman pitkät suorat kanavistot parantavat kanaviston osien uudelleenkäytön mahdollisuuksia. Kantavan rungon uudelleenkäytön osalta on olennaista, että esimerkiksi ontelolaattojen kantavuutta heikentävät läpiviennit keskitetään ontelolaattojen ulkopuolelle tai laattojen päihin, jolloin menetetään mahdollisimman vähän uudelleenkäytettävää laattaa.



Ilmanvaihtojärjestelmällä on keskeinen rooli paitsi rakennuksen sisäilman laadun ylläpidossa myös energiatehokkuudessa: ilmanvaihtojärjestelmää valittaessa on syytä tarkastella muun muassa järjestelmän korjattavuutta, joustavuutta sekä energiatehokkuutta.



Keskitetty tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmä

Keskitetyssä järjestelmässä koko rakennuksen ilmanvaihto toteutetaan yhdellä (tai useammalla) IV-koneella. Tämä järjestelmä mahdollistaa tehokkaan ilmanvaihdon ja lämmöntalteenoton ja poistaa tarpeen huoneistoihin sijoitettavista ilmanvaihtokoneista.

IV-koneet sijoitetaan yleensä rakennuksen teknisiin tiloihin kellari- tai ullakko-kerroksessa tai rakennuksen katolla. Tulo- ja poistoilma ohjataan tekniikkahormeissa kerroksiin ja asuntoihin. Keskitetyn järjestelmän hyötyjä on mm. keskitetty huollon tarve. Keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä huoneistokohtainen ilmanvaihdon säätö on rajoitetumpaa.



Hajautettu tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmä

Hajautetussa eli huoneistokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä jokaisessa huoneistossa on oma ilmanvaihtokone, joka huolehtii koneellisesti sekä tulo- että poistoilmasta. Tällä tavoin eriytettyjen ilmanvaihtojärjestelmien etuna on parempi huoneistokohtaisen ilmanvaihdon säädettävyys.

Asuinkerrostaloissa koneet sijoitetaan usein huoneistojen kylpyhuoneisiin. Ilmanvaihtokanavisto viedään piilossa alakatto-/kotelorakenteissa. Raitisilma voidaan yleensä ottaa ulkoseinältä, kun taas poistoilma viedään tekniikkahormien kautta rakennuksen vesikatolle. Hajautetun järjestelmän heikkoutena ovat useamman erillisen laitteen aiheuttamat suuremmat huoltokustannukset.



Kuvitteelliseen kerrostaloon valittu ratkaisu

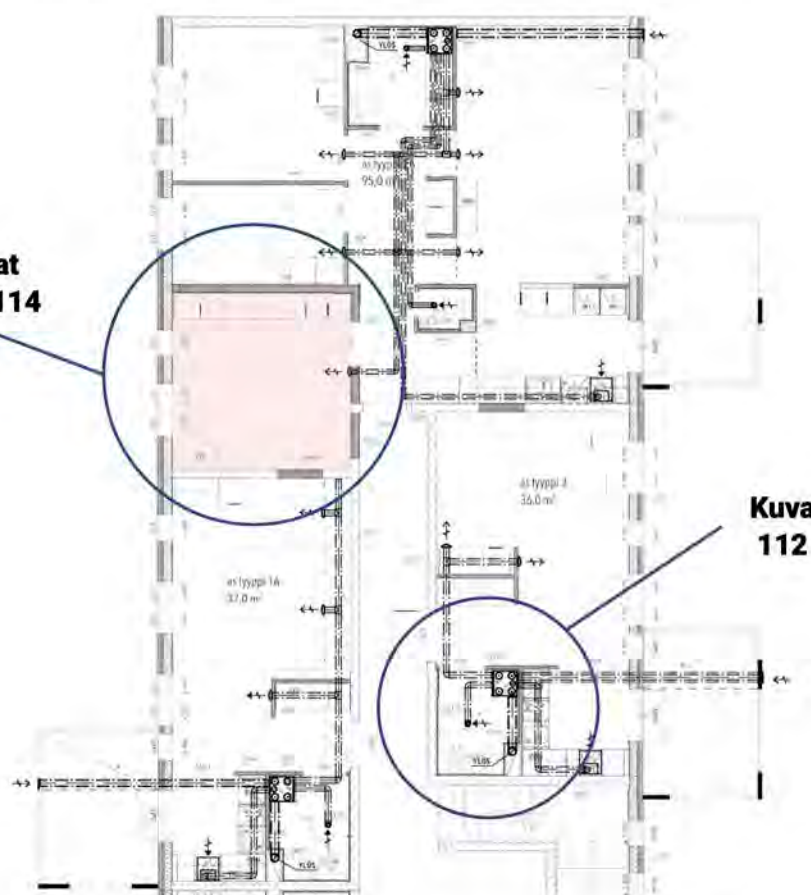
VE2 Ilmanvaihtojärjestelmä

Kuvitteellisessa kerrostalossa on päädytty huoneistokohtaiseen ilmanvaihtojärjestelmään paremman säädettävyyden ja joustavuuden vuoksi. Joustavuutta edesautetaan kanavistolla, joka ottaa huomioon mahdolliset huoneiston sisäiset ja huoneistojen väliset tilamuutokset.

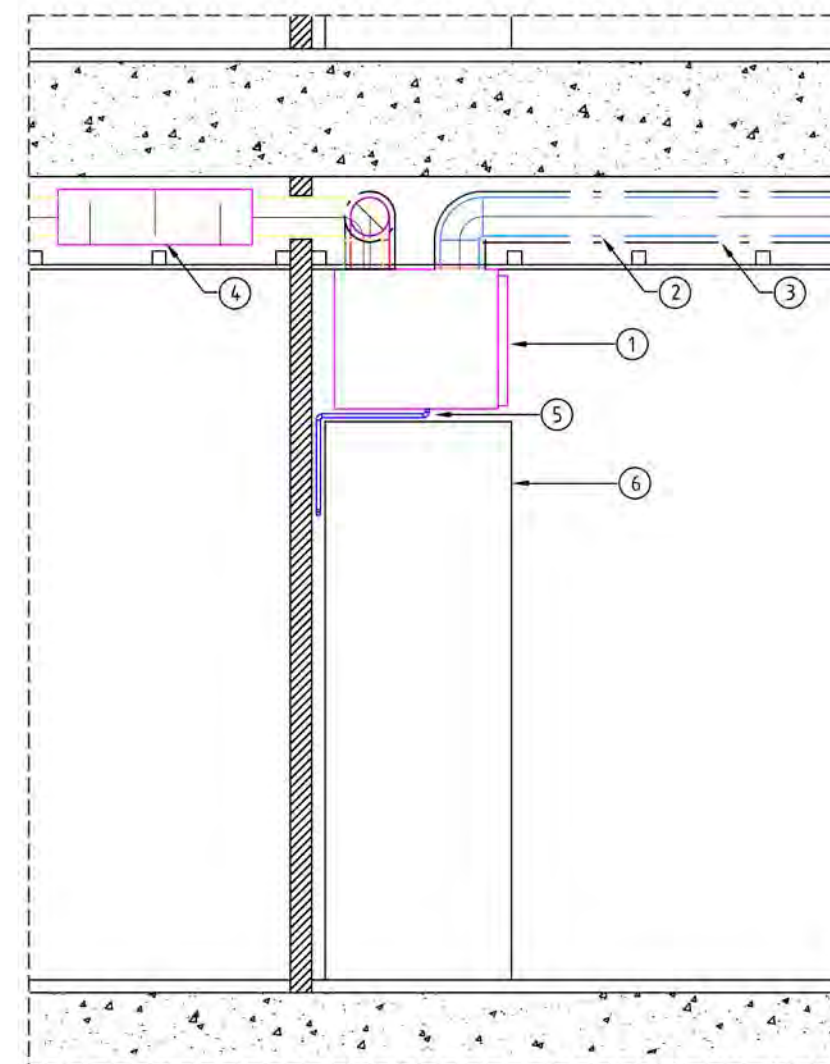
Hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä

Hajautettu/huoneistokohtainen ilmanvaihto parantaa ja mahdollistaa huoneistokohtaista säädettävyyttä ja painesuhteiden hallintaa. Keskitetyllä ilmanvaihdolla kerros- ja huoneistokohtainen säädettävyys on hajautettua järjestelmää heikompi. Erityisesti talviaikaan termisten paine-erojen johdosta kerrostalon alempien kerrosten huoneistoihin pyrkii muodostumaan voimakas alipaine ja ylimpiin vastaavasti merkittävä ylipaine. Huoneistokohtaisella ilmanvaihdolla, jossa olisi paine-erokompensointi, tätä voisi hallita selvästi paremmin. Tämän merkitys korostuu ilmastonmuutoksen myötä. Kokemusten mukaan tämä on uusissa, vaipaltaan varsin ilmatiiviissä kerrostaloissa vahvasti toistuva ongelma, joka aiheuttaa sisäilmahaasteita. Kylpyhuoneisiin sijoitetut ilmanvaihtokoneet ovat helposti saavutettavissa huolto- ja korjaustoimenpiteiden näkökulmasta.

Kuvat 113–114



Kuva 111. Ilmanvaihtojärjestelmän pohjakaavio. Tuloventtiilien sijoitus niin sanotusti tiheimmän odotetun huonejaon mukaan. Kytöhuone on merkitty vaalealla punaisella korosteväriä.



Kuva 112. Poikkileikkauksessa havainnollistetaan ilmanvaihtokoneen ja kanaviston sijoitusperiaate kylpyhuoneessa. Pesutornille tarvittava tilavaraus (1800 mm) mahdollistuu ilmanvaihtokoneen alle. Kanaviston suunnittelussa on huomioitava vesi- ja viemärijärjestelmän tilan tarve alaslasketun katon yläpuolella.

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Ilmanvaihtokone | 4. Äänenvaimennin |
| 2. Ilmanvaihtokanava | 5. Kondenssiveden poisto |
| 3. Ilmanvaihtokanavan eristys | 6. Tilavaraus pesutornille |

VE2 Ilmanvaihtojärjestelmä

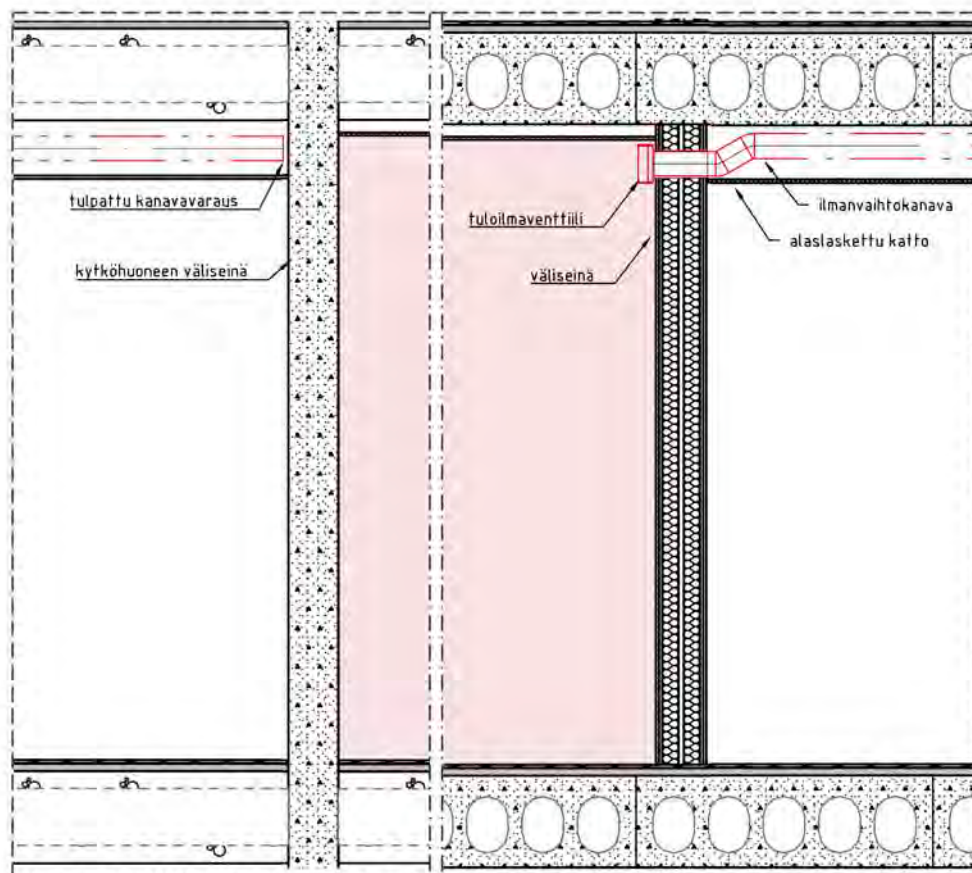
Kuvitteellisessa kerrostalossa IV-järjestelmän huollettavuutta ja korjattavuutta ylläpidetään alaslaskettuun kattoon asennetulla IV-kanavistolla. Kanavavarauksilla pyritään tukemaan joustavia tilaratkaisuja.

Laskettu alakatto- / kotelorakenne

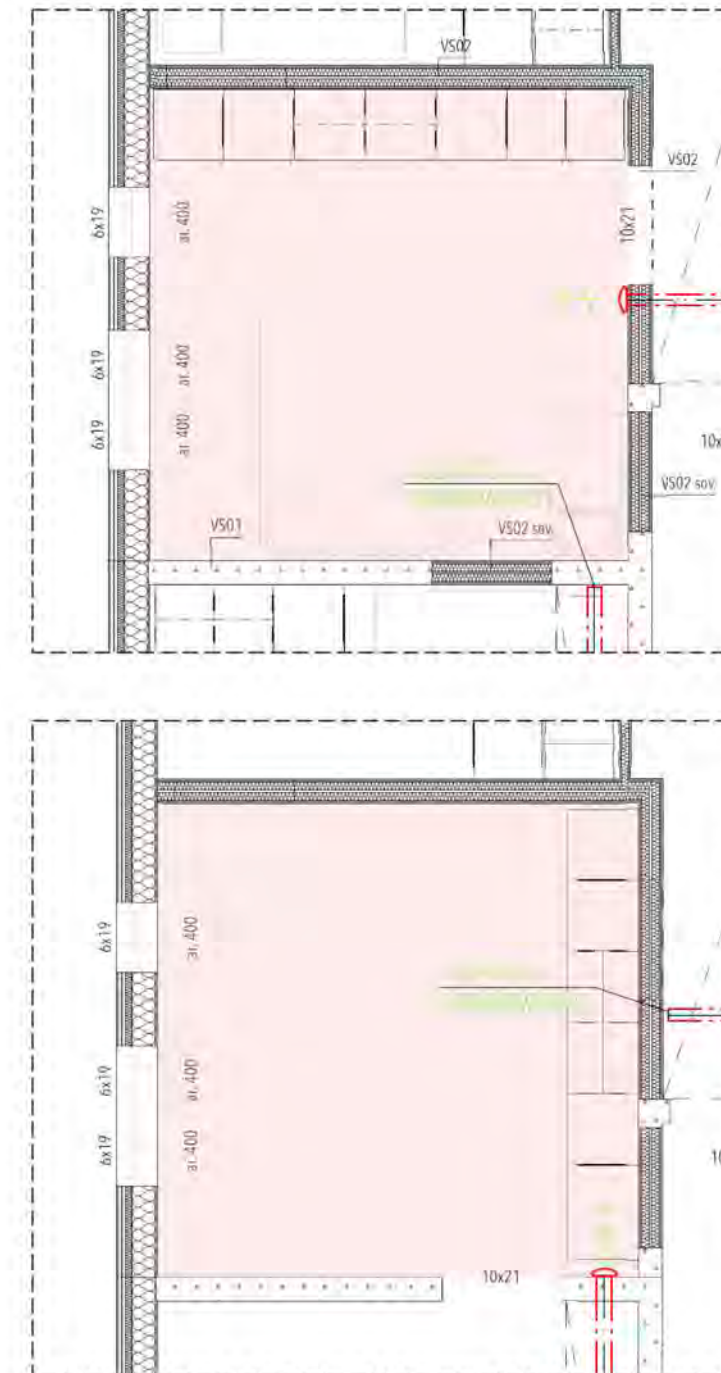
Huoltoluukuin varustetuissa alakatto- ja kotelorakenteissa kulkevat ilmanvaihtokanavat tukevat järjestelmän huollettavuutta ja korjattavuutta. Mahdollisia huoneistomuutoksia huomioiva kanaviston suunnittelu vähentää tarvetta purkaa, muuttaa tai rakentaa ilmanvaihtokanavistoa ja päätelaitteita.

Ilmanvaihtokanavisto

Ilmanvaihtokanavistona käytetään yleisesti kierresaumakanavistoa, joka on valmistettu kuumasinkitystä teräksestä. Materiaali on hyvin kierrätettävissä. Ilmanvaihtokanaviston uusimistarve ei johdu mekaanisesta kulumisesta vaan tilojen tai niiden käyttö-tarkoitusten muutoksista. Tämä tukee kanavien uudelleenkäyttöä alkuperäisen käyttö-tarkoituksen jälkeen.



Kuva 113. Detaljokuva ilmanvaihdon päätelaitteiden sijoittelusta huoneisiin ja kanavavarauksesta kytköhuoneessa. Kytöhuoneita varten on jätetty kanavavaraus viereisen huoneiston puolelle huoneistojaon muutosten varalta. Kytöhuone on merkitty vaalealla punaisella korosteväriillä.



Kuva 114. Periaatekuva ilmanvaihdon päätelaitteen kanavavarakuksesta kytköhuoneessa. Kytköhuonetta varten viereisen huoneiston puolelle on jätetty kanavavaraus, jonka avulla huoneistojaon muutosten yhteydessä ilmanvaihto on kevyin toimenpitein vaihdettavissa eri asunnon ilmanvaihtojärjestelmän piiriin. Kuvapari kuvaa vaihtoehtoisia huonejakoja ja niissä käytettyjä ilmanvaihdon toteutustapoja. Kytköhuone on merkitty vaalealla punaisella korosteväriellä.

7.11 Sähköjärjestelmät

Rakennuksen sähköjärjestelmät kattavat sähköjakelujärjestelmän, valaistusjärjestelmät, sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmät sekä erilaiset sähkötekniset tietojärjestelmät, kuten viestintä- ja turvallisuusjärjestelmät (RT 95-10719, 2000).

Tärkeimmät huomiot elinkaariominaisuuksien kannalta

Alakattorakenne mahdollistaa **säilyvyyden** kannalta tärkeän nopean pääsyn jakorasioihin ja kaapelointiin vikatilanteissa, ja kevyissä väliseinissä vältetään jakorasioiden sijoittamista, mikä vähentää huoltotarvetta ja helpottaa kunnossapitoa.

Joustavuuden osalta langaton valaistuksenohjaus mahdollistaa valaistusratkaisujen helpon mukauttamisen tilamuutosten yhteydessä, ja alakattorakenne tukee tilojen joustavia muutoksia sekä helpottaa sähköasennusten muokkaamista.

Uudelleenkäytettävyyden näkökulmasta on hyödyllistä, että alakattorakenne säilyttää ontelolaatat sähköasennuksilta koskemattomina, jolloin ne voidaan helpommin käyttää uudelleen. Sähkökalusteiden uudelleenkäyttöön vaikuttaa, kuinka todennäköisesti niillä on kysyntää. Irrotettavuus ja saavutettavuus tukee sähköjärjestelmän osien uudelleenkäyttöä ja kierrätystä, mutta helpottaa myös muutosten ja korjausten tekemisestä käytön aikana.

Sähköjärjestelmät vaikuttavat sekä tilojen joustavuuteen, rakennuksen huollon ja ylläpidon mahdollisuuksiin että materiaalien uudelleenkäyttömahdollisuuksiin. Erityisesti sähköjärjestelmään liittyvä alakattorakenne voi mahdollistaa helpon huollettavuuden, tukea tilojen muutoksia ja säilyttää rakenteet koskemattomina.

VE1

Tyypillinen sähköjärjestelmä

Huoneistokohtaisesta sähkökeskuksesta syötetään useita eri sähkölaitteita ja sähköryhmiä, esimerkiksi eri huoneiden valaistusta ja pistorasioiden sähkönsyöttöä. Sähköpisteet asennetaan uudiskohteissa useimmiten uppo-asennuksena ulkoseiniin sekä kevyisiin väliseiniin ja kaapelointi on toteutettu ontelolaattojen kautta. Jakorasioita, jotka palvelevat sähköpisteitä, sijoitetaan tarpeen mukaan esimerkiksi kevyisiin väliseiniin tai alakattoihin. Näistä jakorasioista sähkökaapelit haaroitetaan eri pistorasioille ja valokatkaisijoille. Huoneistokohtaiset antenni- ja yleiskaapelointipisteet kaapeloidaan suoraan huoneiston sähkökeskuksesta niin, että ne muodostavat tähtiverkon huoneiston sisällä.

Kohteissa, joissa käytetään ontelolaattoja, hyödynnetään niiden onteloita esimerkiksi valaistuspistorasioiden sijoittelussa ja kaapeloinnissa. Ontelolaattojen päihin tehdään usein sähköputkivaraus, ns. SUR-ura, jossa laatan pätyyn roilotetaan tilavaraus sähköputkille.

VE2 A

Joustava ja helposti huollettava sähköjärjestelmä

Joustavassa sähköjärjestelmässä kohteeseen on rakennettu alakattojärjestelmä, jossa pystytään viemään sähkökaapelit ilman sekaantumista ontelolaattoihin ja näin mahdollistetaan ontelolaattojen uudelleenkäytettävyys. Valokatkaisijoina käytetään langattomia painikkeita, ja tarvittavat kaapelointimuutokset toteutetaan sähkökeskuksessa valaistusohtausreleiden avulla.

Joustavassa järjestelmässä suositetaan kiinteitä ja pitkäikäisiä asennuksia, joita ei tarvitse purkaa tilamuutosten yhteydessä. Tämän vuoksi sähköpisteitä ei asenneta rakennuksen elinkaaren aikana mahdollisesti muutettaviin kevyisiin väliseiniin, vaan sähköpisteiden asennuksissa keskitytään huoneiston muuntovaihtoehtoja riippumatta paikallaan pysyviin (KPH- tai WC-paketteihin liittyviin) väliseiniin sekä ulkoseiniin.

Kytköhuoneiden osalta varaudutaan muutoksiin siten, että niiden sähköjärjestelmille varataan omat jakorasiat huoneen ulkopuolelle. Näihin tuodaan sähkö- ja telekaapelit varauksina. Mikäli kytköhuone siirtyy toiseen huoneistoon, voidaan varauskaapelit jatkaa suoraan uuteen sijaintiin ja vanhat kaapelit purkaa tai mahdollisesti säilyttää.

VE2 B

Vaihtoehtoinen joustava ja helposti huollettava sähköjärjestelmä

Vaihtoehtoisessa joustavassa sähköjärjestelmässä kohteeseen on rakennettu laajan alakattojärjestelmän lisäksi huoneistoja kiertävä johtojalkalistajärjestelmä, joka mahdollistaa pinta-asenteisten sähköpisteiden nopeat muutokset huonemuutoksissa.

Lisäksi jalkalistojen avulla voidaan välttyä ulkoseinän sähköasennuksilta. Näin ulkoseinän höyrynsulkuun ei tule tarpeettomia läpivientejä. Johtojalkalistajärjestelmä saattaa kuitenkin hankaloittaa lattiapäällysteiden uusimista.



Kuvitteelliseen kerrostaloon valittu ratkaisu

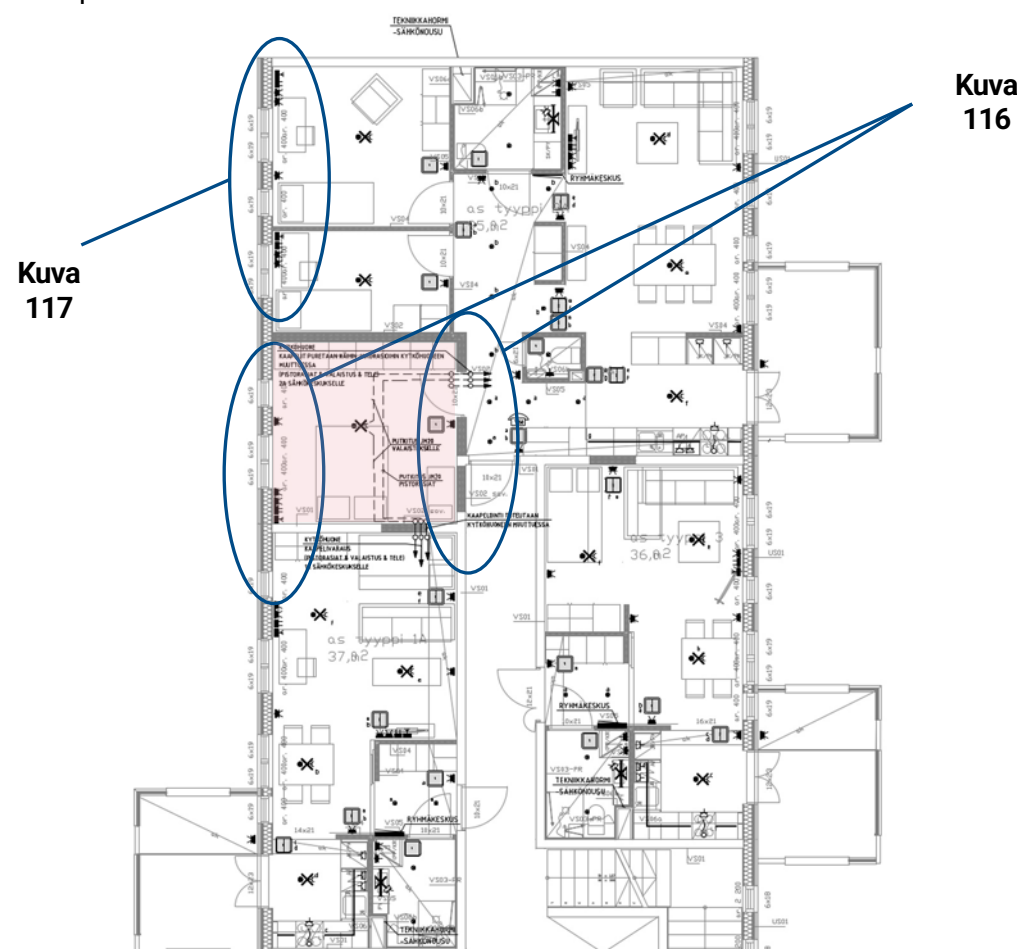


Sähköjärjestelmä

Sähköjärjestelmien suunnittelussa otetaan huomioon sekä purettavaksi suunnittelun että joustavuuden näkökulmat. Sähköasennukset rikkovat uudelleenkäytettäviä komponentteja mahdollisimman vähän ja mahdollistavat tilamuutosten vaatimat mukautukset.

Alakattorakenne joka huoneessa mahdollistaa sähkökaapelien reititykset ilman ontelolaattojen lävistyksiä, ja näin ontelolaatat säilyvät mahdollisimman uudelleenkäytettävinä. Alakattorakenteen ansiosta valaistusta voidaan muokata pienillä kaapelointimuutoksilla tilamuutosten yhteydessä. Valaistuksen ohjaus huoneisto-kohtaisesti on toteutettu langattomilla valokytkimillä, jotka ohjaavat valaistusryhmiä ohjaavaa ohjausrelettä ryhmäkeskuksessa.

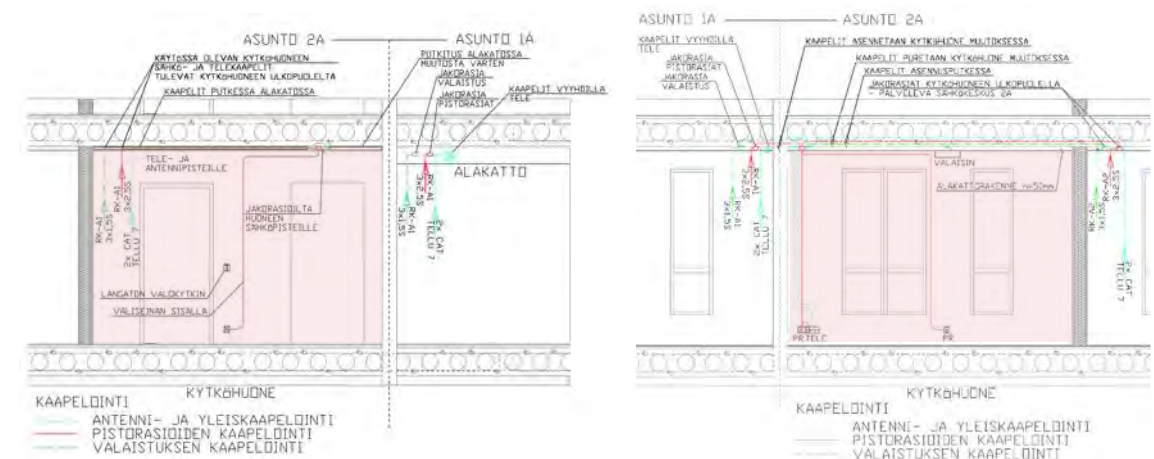
Sähköpisteiden, kuten pistorasioiden tai yleiskaapelointipisteiden, sijoittamista kevyisiin väliseinärakenteisiin vältetään, ellei kyseessä ole pysyvä seinä, kuten esimerkiksi KPH- tai WC-paketeissa. Tämä mahdollistaa nopean tilamuutoksen ilman isoja muutoksia sähköpisteisiin. Huoneissa tulee silti olla käyttöä palveleva määrä sähköpisteitä.



Kuva 117

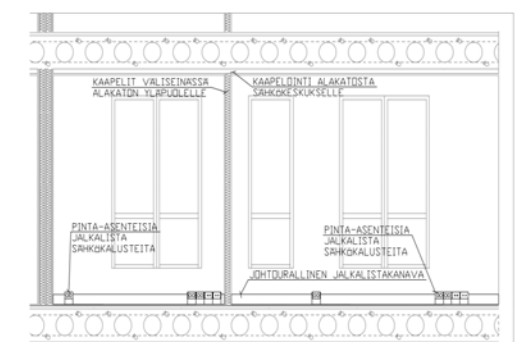
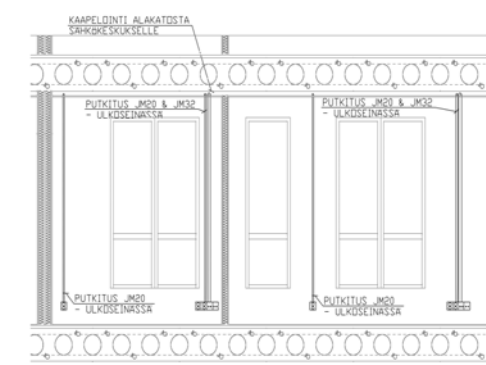
Kuva 116

Kuva 115. Sähköjärjestelmän pohjakaavio. Kytöhuone on merkitty vaalealla punaisella korostevärillä.



Kuva 116. Kytöhuoneen vaihdos toiseen huoneistoon.

Kytöhuoneen ulkopuolella, molemmissa asunnoissa sijaitsee jakorasiat, joihin on vedetty sähkökaapelit valmiiksi. Poikkeuksena ovat antenni- ja yleiskaapeloinnit, jotka vedetään suoraan keskuksilta. Kytöhuoneen vaihtaessa asuntoa puretaan sähköasennukset kytöhuoneen jakorasioilta irrotettavan asunnon ulkopuolisille jakorasioille ja tuodaan liitettävästä asunnosta uudet kaapelit kytöhuoneen jakorasioille. Varaukset mahdollistavat muutokset ilman laajempia muutoksia asuntojen alakattorakenteissa meneviin sähkökaapeleihin. Kytöhuone on merkitty vaalealla punaisella korostevärillä.



Kuva 117. VE2A- ja VE2B-järjestelmien toimintaperiaate alakatolisessa tilassa.

Putkitus mahdollistaa kaapeleiden lisäyksen tai vaihdon tarvittaessa alakaton kautta. Pinta-asenteiset sähköpisteet jalkalistassa mahdollistavat myös muutokset, mutta vaikuttavat asunnoissa totuttuun viimeistelytasoon.

8

Päästö- ja kustannusvaikutusten arviointi

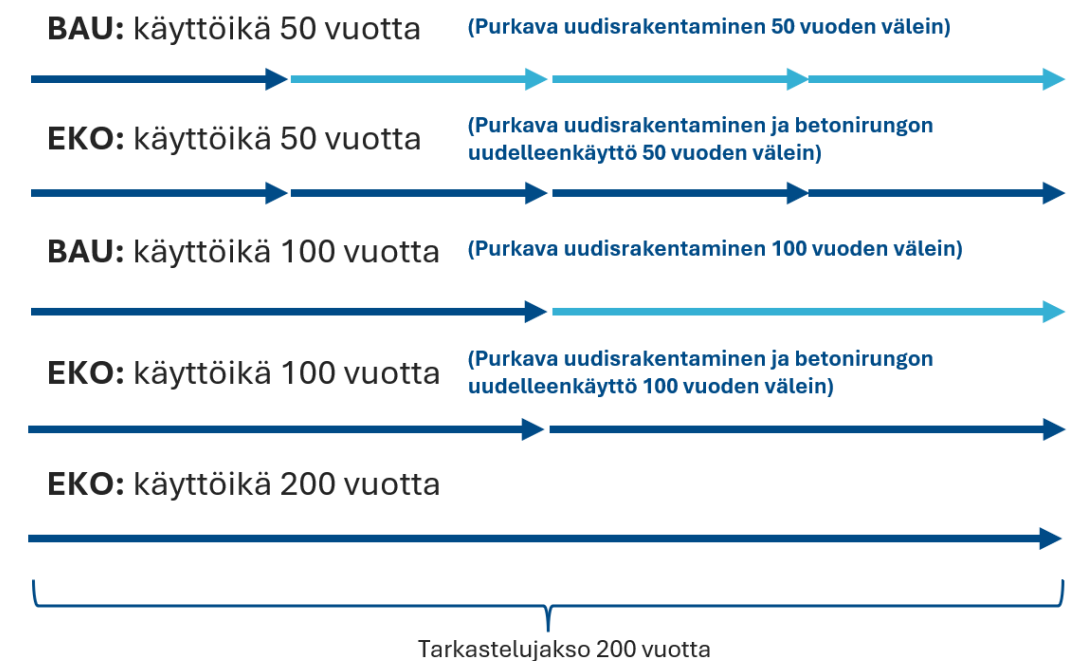
Arto Toorikka, Joakim Suvanto, Timo Heikkilä

8.1 Rakennusmallien vertailu

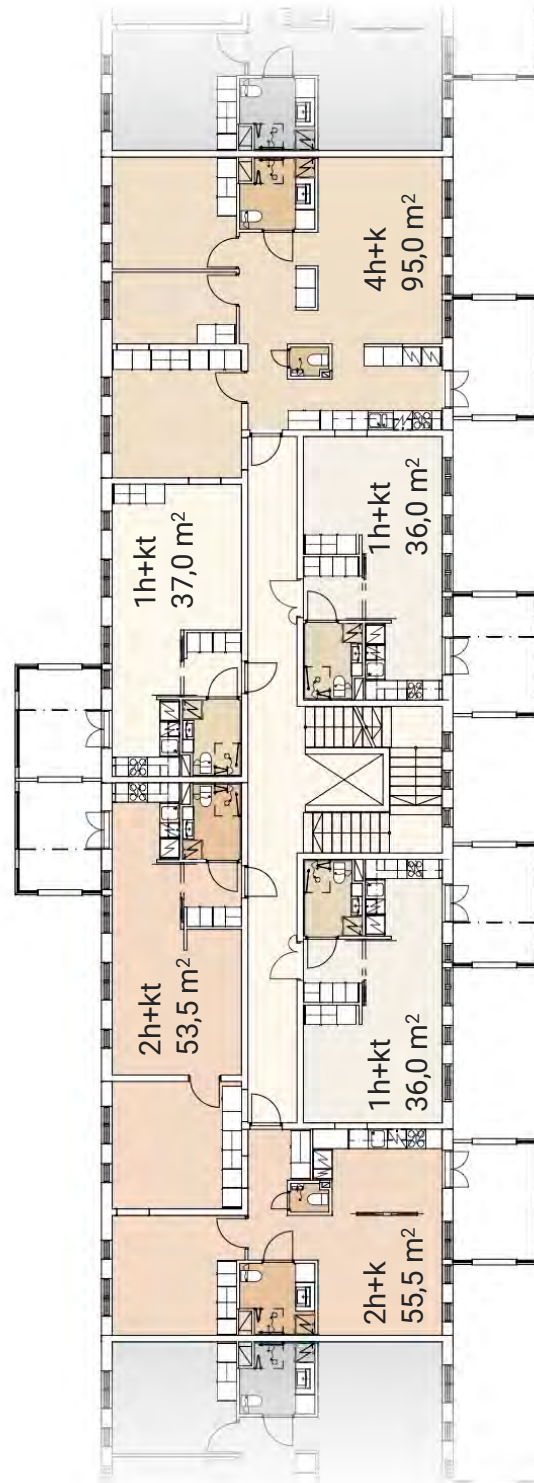
Elinkaariominaisuuksien vaikutuksia rakennuksen elinkaaren aikaisiin kustannuksiin ja päästöihin analysoidaan vertailemalla kahta erilaista suunnittelulähestymistapaa edustavaa kuvitteellista kerrostaloa elinkaaren kustannus- ja päästölaskennan näkökulmasta. Edellä esiteltiin kuvitteellinen kerrostalomalli, jonka suunnittelussa huomiointiin laajasti rakennuksen koko elinkaaren aikaisia ominaisuuksia. Tätä mallia kutsutaan jatkossa EKO-malliksi (ks. kuva 119).

Mallin päästö- ja kustannusvaikutuksia arvioitiin ja verrattiin vertailukohteeseen, joka toteuttaa tiettyjä suomalaisen kerrostalorakentamisen tavanomaisia ratkaisuja ja ominaisuuksia 2020-luvulla (nk. BAU-malli, *Business as Usual*) (ks. kuvat 120 ja 121, taulukko 4). Rakennusmallit erosivat toisistaan erityisesti rakenteiden ja runkomittojen osalta, mikä johti eroihin myös tilallis-toiminnallisissa ratkaisuissa. Rakennusmallien yhteisiä piirteitä olivat lämmitettävän rakennusmassan suorakulmainen muoto sekä huoneis-tojen ja yhteistilojen kokonaispinta-alat. Lisäksi molemmissa on keskenään yhtenäinen syöttötehokkuus: syöttö korkeintaan kuuteen huoneistoon.

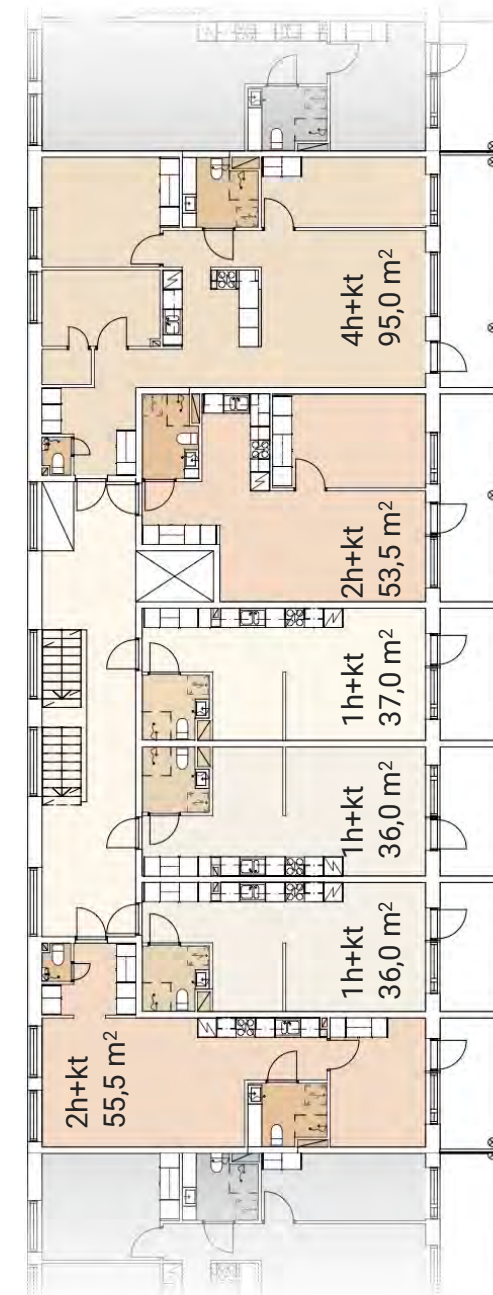
Koska hankkeen ensisijaisena tavoitteena oli havainnollistaa rakennusten elinkaariominaisuuksia kuvin ja kuvauksin, EKO-malli laadittiin hankkeessa ensin. BAU-malli puolestaan muodostettiin kirjallisuusaineiston pohjalta tämän jälkeen siten, että sen ratkaisut perustuivat tiettyihin tyypillisiin 2020-luvun kerrostalojen piirteisiin (taulukko 4), mutta huoneistojen ja yhteistilojen määrät vastasivat EKO-mallia. BAU-malli oli tarpeen luoda vertailevaa kustannus- ja päästöarviointia varten, joka mahdollistaa ymmärryksen siitä, miten elinkaariominaisuudet voivat vaikuttaa rakennuksen koko elinkaaren aikaisiin kustannuksiin ja päästöihin.



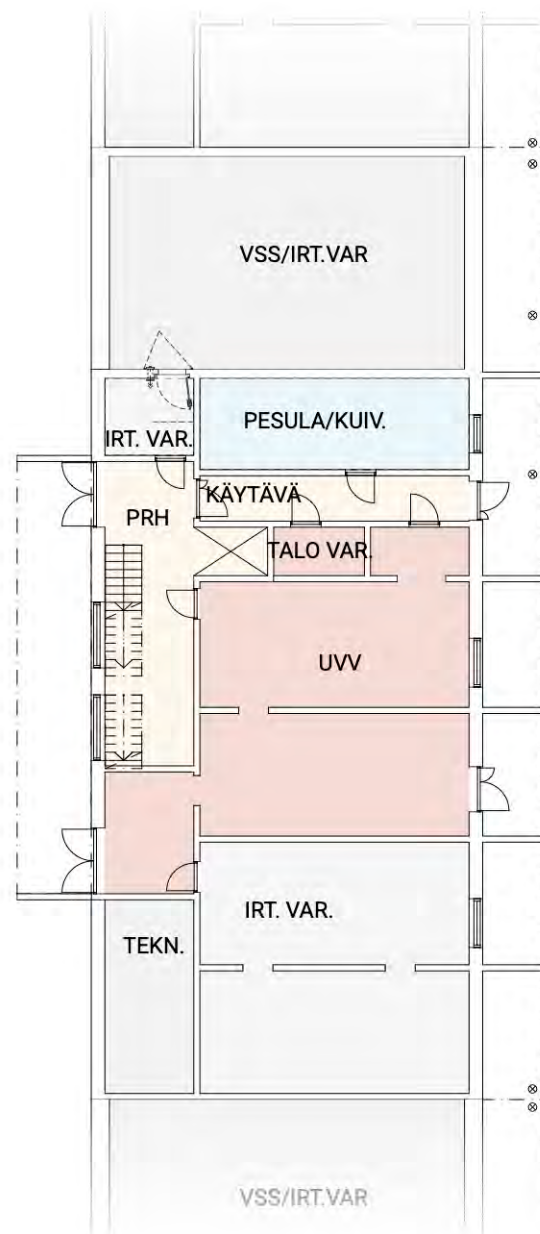
Kuva 118. Hankekohtaisen skenaariomallin elinkaarilaskennan tarkastelujakso ja käyttöiät.



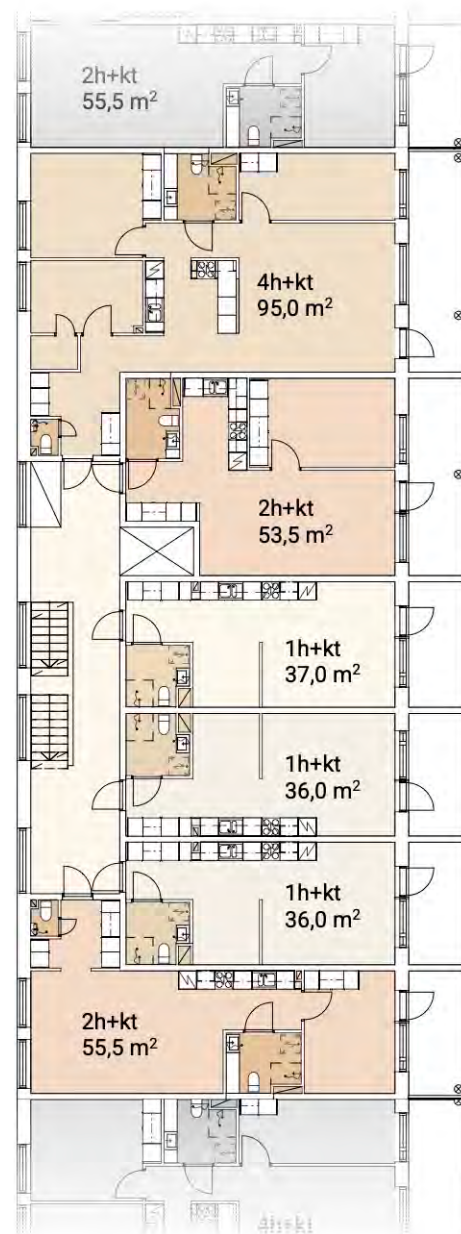
Kuva 119. EKO-kerrostalon pohjaratkaisu.



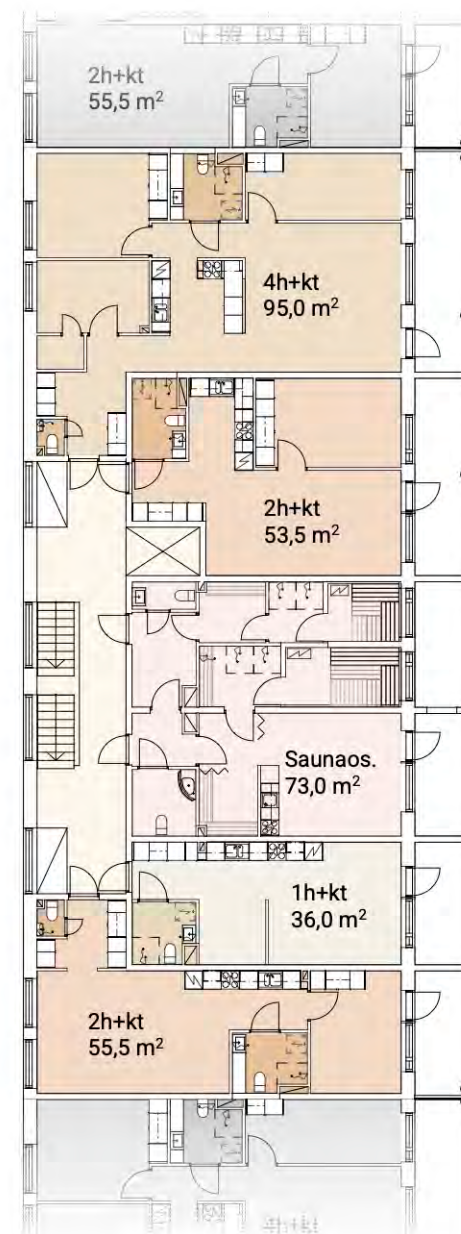
Kuva 120. BAU-kerrostalon pohjaratkaisu.



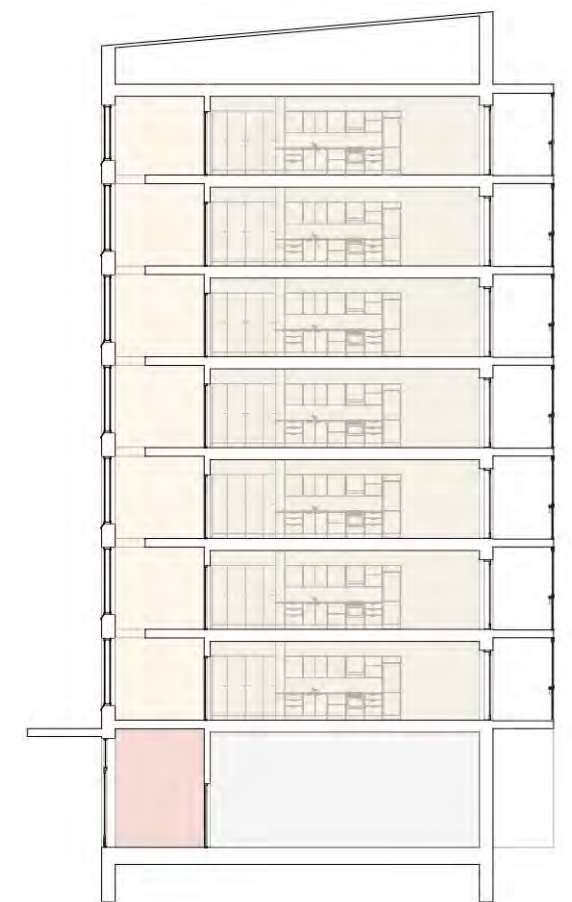
Maantasokerros



Peruskerros



Ylin kerros



Periaateleikkaus

Kuva 121. BAU-kerrostalomalli: pohjapiirustukset ja leikkaus. BAU-kerrostalomalli kuvaa konseptin lamellikerrostalosta, joka sisältää tiettyjä 2020-luvun asuntorakentamiselle tyypillisiä piirteitä (ks. taulukko 4). Suunnittelutehtävässä keskityttiin toistuvan lamellin peruskerrokseen, joka vastaa asuntojen syöttötehokkuudeltaan ja huoneistojen pinta-aloiltaan aiemmin esiteltyä kuvitteellista EKO-kerrostalomallia.



Kuva 122. BAU-mallin julkisivut molemmin puolin.





Kuva 123. EKO- mallin pienasunto, huoneistoala 37,0m².

Kuva 124. BAU-mallin pienasunto, huoneistoala 37,0m².

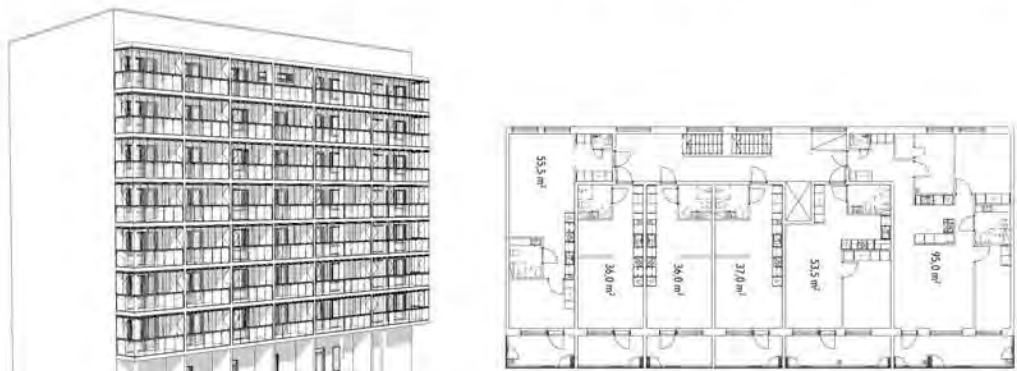
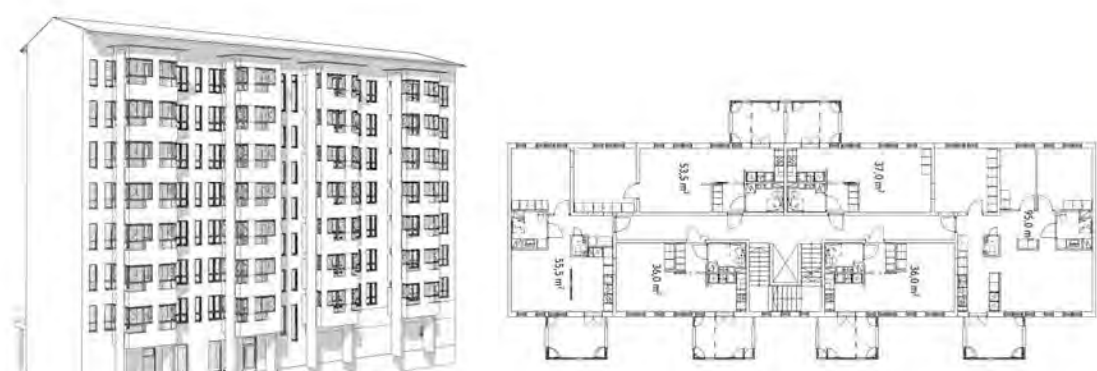


Kuva 125. EKO-mallin kahden asuinhuoneen asunto, huoneistoala 53,5 m².



Kuva 126. BAU-mallin kahden asuinhuoneen asunto, huoneistoala 53,5 m².

Taulukko 4. Rakennusmallien vertailu

BAU-malli: Lamellitalon ”pala”, jossa tiettyjä tyypillisiä 2020-luvun ratkaisuja	EKO-malli: Lamellitalon ”pala”, elinkaariominaisuuksia painotettu
BAU-mallissa korostuvat tyypilliset rakenteet ja LVISA-järjestelmät, joita on kuvattu luvuissa 7.5–7.11, kohdissa VE1.	EKO-mallissa korostuvat rakennuksen eri tasojen välistä riippumattomuutta (ks. myös luku 1.2) tukevat rakenteet ja LVISA-järjestelmät, joita on kuvattu luvuissa 7.5–7.11, kohdissa VE2 (A-B).
BAU-mallissa pienet huoneistot (yksiöt ja kaksiot) avautuvat lyhyeltä sivultaan (ks. kuvat 124 ja 126): tämä on todettu tyypilliseksi 2020-luvun uudiskerrostaloissa (esim. Pelsmakers ym., 2021), mutta ratkaisun on todettu myös rajoittavan tilojen jaettavuutta ja esimerkiksi eteis- ja keittiötilojen luonnonvaloisuutta.	EKO-mallissa pienet huoneistot avautuvat pitkältä sivultaan (ks. kuvat 123 ja 125). Näin ollen pienissä asunnoissa toteutuu hyvä luonnonvaloisuus ja tilojen jaettavuus osiin (joustavuusominaisuus).
BAU-mallissa pääosa huoneistoista on yksiöitä ja kaksioita: yksiöt ja kaksiot muodostavat suuren osan 2020-luvun kerrostalojen huoneistoista (Vainio ym., 2021; Pelsmakers ym., 2021).	EKO-mallissa on sama määrä yksiöitä ja kaksioita kuin BAU-mallissa, mutta siinä on myös ennakoitu huoneistojakauman muutosta (joustavuusominaisuus).
BAU-mallissa syöttö porrashuoneesta tapahtuu kuuteen huoneistoon. Meriläinen ja Tervo (2025) tuovat esiin 2020-luvulla tuotettujen kerrostalojen ominaisuuksia, ja vuosien 2015–2023 esimerkeistä mainitaan, että tyypillinen syöttö porrashuoneesta tapahtuu keskimäärin 5–7 huoneistoon (Meriläinen & Tervo, 2025, s. 65, kuva 15).	EKO-mallissa on sama syöttötehokkuus kuin BAU-mallissa.
BAU-mallissa parvekkeet ovat kohtuullisen kokoisia ja lasitettuja, mikä on tyypillistä 2020-luvun kerrostaloissa (Vainio ym., 2021).	EKO-mallissa parvekkeet ovat kohtuullisen kokoisia ja lasitettuja, mutta syvempiä kuin BAU-mallissa kalustettavuuden vuoksi (joustavuusominaisuus).
On syytä huomioda, että vaikka lamellikerrostaloja on tuotettu myös 2020-luvulla, niiden suhteellinen osuus 2020-luvulla valmistuneista kohteista on laskenut, kun taas toisiinsa kiinnittymättömien syvärunkoisten keskikäytäväkerrostalojen määrä on samanaikaisesti kasvanut (Vainio ym., 2021; ks. myös Meriläinen & Tervo, 2025). Vertailuasetelman johdonmukaisuuden varmistamiseksi molemmat vertailtavat rakennusmallit on EKAT-hankkeessa rajattu lamellikerrostalotyyppiin.  Runkosyvyys 12,9 m, parvekkeiden kanssa 14,9 m.	
 Runkosyvyys 11,0 m, parvekkeiden kanssa 16,4 m.	

8.2 Elinkaarilaskenta

Elinkaarilaskennalla tarkoitetaan tässä hankkeessa rakennuksen elinkaaren kustannus- ja päästölaskentaa. Päästölaskennalla tarkoitetaan tässä hankkeessa rakennuksen hiilijalanjälkilaskentaa eli rakennuksen kasvihuonekaasupäästöjen laskemista. Kustannuslaskennalla tarkoitetaan tässä hankkeessa rakennuksen kokonaiskustannusten arviointia koko elinkaaren ajalta eli rakennuksen rakentamisesta, käytöstä ja ylläpidosta aiheutuvien elinkaarikustannusten laskemista. Rakennuksen elinkaarta ja siihen liittyvää tulevaisuuden skenaariotarkastelua on käsitelty luvussa 1.3.

Elinkaarilaskennan avulla voidaan arvioida rakennuksen elinkaaren aikana syntyviä kustannuksia ja päästöjä. Tavoitteena on tuottaa tietoa, jonka pohjalta rakentamishankkeeseen ryhdyttäessä ja rakennusta suunniteltaessa voidaan ohjata päätöksentekoa, erityisesti silloin kun tavoitellaan taloudellista ja ekologista kestävyyttä. Käytännössä elinkaarilaskennan avulla voidaan arvioida esimerkiksi erilaisten rakentamisvaihtoehtojen, tilallisten ja rakenteellisten ratkaisujen, materiaalivalintojen ja energiantuottomuotojen kustannuksia ja päästöjä sekä sitä kautta ohjata rakentamishankkeen kustannus- ja ympäristövaikutuksia. (ISO 15686-5:2017; SFS-EN 15978:2011.)

Elinkaarilaskennassa rakennuksen elinkaari jaetaan niin kutsuttuihin moduuleihin, jotka kuvaavat elinkaaren eri vaiheita (ks. luku 1.3). Elinkaarilaskenta koostuu näiden vaiheita kuvaavien moduulien aiheuttamien kustannusten ja päästöjen laskemisesta soveltuvalla menetelmällä. Ympäristöministeriön asetusta rakennuksen ilmastaselvityksestä ja rakennustuoteluettelosta (1027/2024) koskevan perustelumustion mukaan Suomessa on tehty eurooppalaisiin standardeihin pohjautuvaa elinkaariarviointia jo pitkään ja Pohjoismaissa on aktiivisesti tavoiteltu rakennusten vähähiilisyiden arviointimenetelmien harmonisointia. Rakennusten elinkaaren vähähiilisyiden arvioinnin säädösohjausta on valmisteltu ympäristöministeriössä vuodesta 2016 lähtien. Tavoitteena on sääntelyllä edistää vähähiilistä rakentamista ja mahdollistaa rakennusten hiilijalanjäljen ohjaaminen raja-arvojen avulla. (Ympäristöministeriö, 2024.)

Esimerkiksi tuotteiden valmistaminen, kuljettaminen ja energiankulutus aiheuttavat kustannuksia ja päästöjä elinkaaren eri vaiheissa. Eri vaiheiden laskennat perustuvat aina lähtötietoihin, jotka voivat vaihdella tarkkuudeltaan ja lähteiltään. Esimerkiksi päästölaskennassa voidaan käyttää tuotekohtaisia ympäristöselosteiden päästökertoimia tai yleisiä keskiarvoistettuja kansallisia päästökertoimia. Kustannusten laskemisessa voidaan käyttää saatavilla olevaa luotettavaa kustannustietoa, esimerkiksi tilastotietoa tai koke-musperäistä tietoa, olemassa olevia energianhintoja ja niiden ennusteita tai tiedossa olevia kustannusarvioita tai budjetteja. (ISO 15686-5:2017; SFS-EN 15978:2011; YmA 1027/2024.)

Suomessa vakiintunut tapa on tehdä päästölaskenta 50 vuoden tarkastelujaksolla (YmA 1027/2024). Tämä on päästöjen näkökulmasta perusteltua muun muassa ilmastomuu-

toksen torjumisen kannalta siksi, että ilmastomuutoksen torjuminen edellyttää päästöjen vähentämistä välittömästi. Lisäksi Suomi on asettanut kansalliseksi tavoitteeksi hiili-neutraaliuden vuoteen 2035 mennessä ja hiilinegatiivisuuden 2040-luvulla (Huttunen ym., 2022), jolloin lyhyempi, lähitulevaisuuden päästöjä painottava tarkastelujakso on raken-tamisen ympäristövaikutusten ohjaamisen kannalta osin perustelu. Lisäksi 50 vuoden tarkastelujaksoa pidempien jaksojen epävarmuustekijöitä pidetään vertailevan laskennan kannalta liian suurina (Ympäristöministeriö, 2024).

Vakiintuneen tavan mukainen tarkastelujakso kuitenkin aiheuttaa haasteita elinkaario-minaisuuksien, kuten säilyvyyden, joustavuuden ja uudelleenkäytettävyyden, kustannus- ja päästövaikutusten arvioinnille. Esimerkiksi Purkaa vai korjata -raportin (Huuhka ym., 2021) mukaan purkavan uudisrakentamisen hiili-investointien takaisinmaksuajat ovat pitkiä, jolloin yleisesti käytetty 50 vuoden tarkastelujakso soveltuu huonosti sellaisten ominaisuuksien tarkasteluun, joiden erot ja hyödyt tulevat ilmi vasta esimerkiksi 100 tai 200 vuoden kuluttua. Tämä voi johtaa siihen, että lyhytikäiset, mutta välittömiltä päästöiltään ja kustannuksiltaan alhaisemmat ratkaisut näyttäytyvät pitkäikäisempiä ratkaisuja ym-päristöystävällisempinä ja kustannustehokkaampina. Tämä on ongelmallista erityisesti silloin, kun rakennuksen todellinen oletettu käyttöikä ja elinkaari on tarkastelujaksoa pidempi, jolloin edellä mainitussa esimerkissä pitkäikäiseksi suunniteltu rakennus olisi todennäköisesti toteutuvan käyttöiän ja elinkaaren kokonaispäästöjen sekä -kustannusten kannalta lyhytikäistä parempi.

Ympäristöministeriön vakioidussa elinkaarilaskennassa kiertotalouden kannalta keskeiset tekijät, kuten tuotteiden uudelleenkäyttö ja materiaalien kierrätys, käsitellään elinkaaren rajauksen ulkopuolisina hyötyinä (Ympäristöministeriö, 2024). Tämä johtaa luonnollisesti siihen, että kyseisten ominaisuuksien tarkastelu ei käytännössä nykyisellään toteudu elinkaarilaskennassa eikä esimerkiksi purettavaksi suunnittelu ja rakennustuotteiden uudelleenkäytön huomioiminen näy osana elinkaarilaskentaa.

8.3 Elinkaarilaskennan toteutus hankkeessa

Tässä hankkeessa elinkaarilaskenta tehtiin kahdella pääasiallisella tavalla: ympäristö-ministeriön menetelmän (YmA 1027/2024) mukaisilla rajauksilla 50 vuoden tarkastelu-jaksolla sekä sen pohjalta sovelletulla menetelmällä 200 vuoden tarkastelujaksolla. Ympäristöministeriön menetelmä koskee ainoastaan päästölaskentaa. Jotta voitiin vertailla elinkaariominaisuuksien toteuttamisen vaikutuksia päästöjen lisäksi kustannuksiin, kustannuslaskentaan valittiin samat rajaukset ja tarkastelujaksot kuin päästölaskentaan. Laskennan erot ja rajaukset esitetään taulukossa 5, jossa viitataan vakiintuneella tavalla ympäristöministeriön asetukseen 1027/2024 perustuvaan laskentamalliin eli niin sanottuun ympäristöministeriön menetelmään.

Taulukko 5. Elinkaarilaskennan toteutus hankkeessa.

Laskennan osa-alue	Vakiintunut tapa	Sovellus tässä hankkeessa
Elinkaaren vaiheet	Rakennuksen elinkaari jaetaan vaiheisiin tai moduuleihin A–D (esitetty taulukossa 1).	
Laskentaan sisällytettävät vaiheet eli moduulit	Ei huomioida vaiheita, joiden vaikutus on vähäinen tai epävarma tai joihin ei voida vaikuttaa: B1–3, B5, B7–B8. Huomioidaan moduulit A1–A5, B4, B6, C1–C4 ja D.	Ei huomioida vaiheita, joiden vaikutus on vähäinen tai joihin ei voida vaikuttaa: B1–B2, B7–B8. Huomioidaan moduulit A1–A5, B3–B5, B6, C1–C4 ja D. Laskentateknisistä syistä odottamattomista rikkoontumisista ja vahingoista johtuvat korjaustarpeet (B3) sekä laajamittaiset korjaukset (B5) on laskettu ja ilmoitettu osana moduulia B4 (rakennustuotteiden vaihdot).
Laskentaskenaariot	Odottamattomista rikkoontumisista johtuvia korjaustarpeita (B3) ei arvioida, sillä niiden luotettava arviointi on hankalaa. Rakennustuotteiden vaihdot (B4): tekninen käyttöikä perustuu standardisoituihin käyttöikäsuunnittelun arviointimenetelmiin, joiden yleisperiaatteet on määritelly standardisarjassa ISO 15686. Laajamittaisia korjauksia (B5) ei huomioida, sillä korjausten yhteydessä tehdään yleensä erittäin vaikeasti ennakkoon arvioitavia merkittäviä muutoksia talotekniikkaan, rakenteisiin ja tilajärjestelyihin. Rakennustuotteiden uudelleenkäyttöä ei huomioida hiilijalanjälkilaskennassa. Uudelleenkäytöllä vältetyt kasvihuonekaasupäästöt ilmoitetaan osana hiilikädenjälkeä.	Odottamattomat korjaustarpeet (B3) huomioidaan toteutetun kyselyn ja asiantuntija-arvion mukaan hankekohtaisissa skenaarioissa. Päästöt ja kustannukset on laskettu osaksi moduulia B4. Elinkaarioptimoitujen rakenteiden rakennustuotteiden vaihdot (B4) on osin asiantuntija-arvion ja osin tilastollisen teknisen käyttöiän mukaan. Laajamittaisten korjausten (B5) sisältö ja tehtävät muutokset on arvioitu ja määritelty hankekohtaisten skenaarioiden pohjalta. Päästöt ja kustannukset on laskettu osaksi moduulia B4. Rakennustuotteiden uudelleenkäytön hyödyt huomioidaan vähentämällä purkavan uudisrakentamisen yhteydessä uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden päästöt ja kustannukset. Kustannuksissa huomioidaan ehjänä irrottamisen ja uudelleenkäytön aiheuttamat lisäkustannukset työssä.
Tarkastelujakson pituus	50 vuotta.	200 vuotta.
Energiankulutuksen skenaariot	Energiankulutus määritellään laskennallisen ostoenergiankulutuksen mukaan, laskettuna uuden rakennuksen energiatehokkuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen (1010/2017) mukaan. Ostoenergian päästökertoimet määritellään kansallisen päästötietokannan energiantuotannon päästöskenaarioiden mukaan.	

Taulukko 6. Rakentamisen elinkaarilaskennan moduulit, soveltaen standardia SFS-EN 16627:2015. Hankkeen laskennassa huomioidut moduulit on korostettu vihreällä täytevärillä. Laskennassa osaksi moduulia B4 lasketut moduulit B3 ja B5 on korostettu keltaisella täytevärillä.

RAKENTAMISEN ELINKAARILASKENNAN KOMPONENTIT															
A0	A1-A3			A4-A5		B1-B8					C1-C4		D		
Ennen rakentamista	Tuotevaihe			Rakentaminen		Käyttö ja huolto					Purkaminen, elinkaaren loppu		Muut		
Tontin hinta ja maankäytön kustannukset	Raaka-aineet	Kuljetus valmistukseen	Valmistus	Kuljeus työmaalle	Työmaatoiminnot	Käyttö	Kunnossapito	Korjaukset	Rakennustuotteiden vaihdot	Laajamittaiset korjaukset	Purkaminen	Kuljetus käsittelyyn	Jätteen käsittely	Loppusijoitus	
						B1									
						B2									
						B3									
						B4									
A0	A1	A2	A3	A4	A5	B5					C1	C2	C3	C4	D
						B6 - Energian käyttö									
						B7 - Veden käyttö									
						B8 - Käyttäjien toimet									
Soveltaen lähdettä SFS-EN 16627. 2015. Sustainability of construction works. Assesment of economic performance of Buildings. Calculation methods.															

Tämän hankkeen elinkaarilaskennassa ei huomioitu sellaisia moduuleja, joiden vaikutus vaihtoehtojen kokonaiskustannuksiin ja -päästöihin on vähäinen, joiden arviointiin ja ennustamiseen liittyy suuria epävarmuuksia tai joihin ei rakenneratkaisuilla voida merkittävästi vaikuttaa. Nämä moduulit olivat A0 eli ennen rakentamista, B1 eli käyttö, B2 eli kunnossapito, B7 eli veden käyttö ja B8 eli käyttäjien toimet. Moduulit on esitetty taulukossa 6.

Vakiintuneen tavan mukaisessa laskennassa ei huomioida odottamattomista rikkoontumisista johtuvia korjaustarpeita eli moduulia B3, sillä näiden korjaustarpeiden luotettavaa arviointia pidetään hankalana. Vakiintuneessa tavassa ei myöskään huomioida laajamittaisia korjauksia eli moduulia B5, sillä korjausten yhteydessä tehdään yleensä ellaisia merkittäviä muutoksia talotekniikkaan, rakenteisiin ja tilajärjestelyihin, joita on erittäin vaikea arvioida. Tavanomaisen tavan rakennustuotteiden vaihdot eli moduuli B4 perustuu standardisoituihin käyttöikäsuunnittelun arviointimenetelmiin, joiden yleisperiaatteet on määritelty standardisarjassa ISO 15686. Käytännössä tämä tarkoittaa kansallisen päästötietokannan tai muiden yleisesti hyväksytyjen teknisten käyttöikien käyttöä. (Ympäristöministeriö, 2024.)

Tämän hankkeen hankekohtaisissa skenaarioissa odottamattomat korjaustarpeet, kuten vesivahingot, huomioitiin toteutetun kyselyn ja asiantuntija-arvion mukaan. Laajamittaisten korjausten sisältö ja tehtävät muutokset arvioitiin ja määriteltiin hankekohtaisten skenaarioiden pohjalta. Näiden vaiheiden eli moduulien B3 ja B5 aiheuttamat päästöt ja kustannukset laskettiin ja ilmoitettiin laskentateknisistä syitä osana moduulia B4 (rakennustuotteiden vaihdot). Rakennustuotteiden vaihtojen osalta hankekohtaisten skenaarioiden laskennassa käytettiin tavanomaisten rakenteiden osalta samoja teknisiä käyttöikiä kuin vakiintuneessa tavassa. Elinkaarioptimoitujen rakenteiden osalta tekninen käyttöikä määriteltiin osin asiantuntija-arvion pohjalta ja osin tilastollisen teknisen käyttöiän mukaan.

Tavanomaisesti moduuliin D eli elinkaaren ulkopuolisiin vaikutuksiin kuuluvia tekijöitä, kuten uudelleenkäyttöä ja kierrätystä, arvioitiin hankkeessa laskennallisesti niin sanottua skenaarioajattelua hyödyntäen. Esimerkiksi uudelleenkäytön vaikutuksia kustannuksiin ja päästöihin arvioitiin tarkastelemalla elinkaarta skenaarioissa, joissa rakennus puretaan ja rakennetaan tarkastelujakson aikana uudelleen hyödyntäen puretusta rakennuksesta saatavia uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita.

Hankkeessa elinkaarioptimoinnin vaikutuksia kustannuksiin ja päästöihin arvioitiin tavanomaisen 50 vuoden jakson lisäksi myös 200 vuoden tarkastelujaksolla. Tekemällä vertailevaa laskentaa tavanomaista pidemmällä ajanjaksolla pyrittiin tarkastelemaan erityisesti säilyvyyteen, joustavuuteen ja uudelleenkäyttöön liittyvien elinkaariominaisuuksien vaikutusta rakennuksen elinkaaren aikana syntyviin kustannuksiin ja päästöihin. Näin esimerkiksi huoneistomuutosten tai rakennuksen purkamisen yhteydessä uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden vaikutuksia päästöihin ja kustannuksiin voitiin arvioida laskennallisesti paremmin kuin tavanomaisella 50 vuoden tarkastelujaksolla, sillä näiden tavanomaisesti elinkaaren ulkopuolisina tarkasteltujen optimointiratkaisujen vaikutukset käyvät ilmi usein vasta 50 vuotta pidemmillä ajanjaksoilla. Esimerkiksi rakennetta, jonka etuna on vikasietoisuus ja pitkäaikaiskestävyys, ei ole mielekäästä tarkastella teknistä käyttöikää lyhyemmillä ajanjaksoilla. Pitkälle tulevaisuuteen ulottuvien päästö- ja kustannusvaikutusten ennustamista ja skenaarioihin valittuja tapahtumia on käsitelty tarkemmin luvuissa 1.3 ja 8.3.

Elinkaariominaisuuksia sisältävien suunnitteluratkaisujen vaikutuksia vertailtiin koko rakennuksen tasolla sekä osakomponenttitasolla. Vertailussa yksittäisistä optimointiratkaisuista aiheutuvia lisäkustannuksia ja -päästöjä tarkasteltiin suhteessa elinkaaren aikaisiin vaikutuksiin esimerkiksi pitkäikäisyyteen, vikasietoisuuteen ja vesivahinkojen torjumiseen.

Elinkaariominaisuuksien vaikutuksia vertailtiin myös niin sanotulla kannattavuusrajatarkastelulla. Tarkastelussa esimerkiksi joustavuuden tai muun elinkaariominaisuuden toteuttamisen aiheuttamia kustannuksia vertailtiin vuokratuloihin. Laskennassa sovellettiin periaatetta, jota Saari ja Takki (2008) ovat käyttäneet tutkimuksessaan The indoor condition guarantee procedure and associated lease contract model, jonka mukaan investoinnit sisäolosuhteisiin voivat pidentää vuokrasuhteita vähentäen tilojen tyhjäkäyttöä. Investoinneilla voidaan myös olettaa oikeutusta korkeampaan vuokraan. Tässä työssä oletettiin vastaavasti tilojen säilyvyyden ja muunneltavuuden parantamisen johtavan korkeampaan keskimääräiseen vuokratuottoon. Kannattavuusrajatarkastelussa tarkasteltiin sitä, minkä verran vuokratulojen täytyy nousta ja millä aikavälillä, jotta elinkaariominaisuuden toteuttamisen lisäkustannukset maksavat itsensä takaisin 25 ja 50 vuoden aikana. Vuokria käsiteltiin kustannusten tapaan huomioiden rahan aika-arvo, jolloin kauempana tulevaisuudessa saavutettavien vuokratulojen merkitys pieneni.

EKO-mallissa huomioitiin ehjänä purkamisen työmenekki, nosturikustannukset, purkutyönjohdon kustannukset sekä osien välivarastoinnin sekä kelpoisuuden ja soveltuvuuden todentamisen lisäkustannukset. Uudelleenkäytössä huomioitiin rungon uudelleenkäyttö vähentämällä uuden rakennuksen rakentamisessa syntyvistä päästöistä 94 prosenttia rungon päästöistä. Oletuksena uudelleenkäytettävien runko-osien myynnistä ja ostoista aiheutuvat tulot ja kustannukset kumoavat toisensa, eikä niitä siksi ole huomioitu kustannuslaskennassa.

Kustannuslaskenta tehtiin nykyhetken kustannustasossa. Tulevaisuuden epävarmuustekijöiden vaikutuksia elinkaarikustannuslaskennan tuloksiin arvioitiin tekemällä laskennalle niin sanottua herkkyystarkastelua. Herkkyystarkastelulla voidaan tutkia, kuinka paljon lopputulos muuttuu kun muutetaan yksittäistä muuttujaa kerrallaan (Alanne ym., 2024). Herkkyystarkastelussa elinkaaren aikana syntyvien kustannusten muutoksia arvioitiin kustannusennusteilla. Kustannusennusteissa huomioitiin seuraavien elinkaarikustannuksiin vaikuttavien tekijöiden vaihtoehtoisia muutoksia:

- diskonttokorko eli rahan aika-arvo
- rakennuskustannusindeksi

Diskonttokorko kuvaa rahan aika-arvoa periaatteella, jonka mukaan euro tänään on arvokkaampi kuin euro huomenna. Tähän vaikuttaa pääasiassa kolme tekijää:

- Kulutuksen lykkäämisestä saatava oletettu hyöty.
- Rahan arvon heikkeneminen inflaation ollessa > 0 %.
- Tulevaisuudessa saataviin tuottoihin liittyvien riskien aiheuttamat epävarmuustekijät, joista vaaditaan vastineeksi korvaus. (Kaleva ym., 2017.)

Tässä hankkeessa tavanomaisena diskonttokorkona käytettiin standardin SFS-EN 16627:2015 mukaista 3 prosentin diskonttokorkoa. Lisäksi tehtiin herkkyystarkastelua eri korkoprosenteilla.

Koska tähän tarkasteluun valittujen rakennusmallien energiankulutuksissa ei ole laskennallisesti merkittäviä eroja, ei energiaindeksin muuttujille tehty erillistä herkkyystarkastelua. Kun energiankulutus on lähes samalla tasolla, energiaindeksin muutokset eivät aiheuta merkittävää vaihtelua mallien välillä. Mikäli energiankulutuksen erot mallien välillä olisivat merkittäviä, olisi syytä harkita herkkyystarkastelun toteuttamista erilaisilla energian hinnan kehityksen ennusteilla.

Päästöille ei tehty laskennallista herkkyystarkastelua. Tämä johtuu siitä, että päästöjen tulevaisuuden muutoksista ei ole olemassa luotettavia ennusteita lukuun ottamatta energiantuotannon päästöjä. Lisäksi laskentateknisistä syistä elinkaaren aikana tapahtuvien rakennusosien vaihtojen päästöjen herkkyystarkastelu on hyvin työlästä.

Päästö- ja kustannuslaskennassa rakennusvaihtoehtojen energiankulutustietoina käytettiin rakennuksen vakioituun käyttöön perustuvaa laskennallista ostoenergian kulutusta. Laskentamenetelmä sekä rakennusluokittain määriteltävä rakennuksen vakioitu käyttö perustuivat ympäristöministeriön asetukseen uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017).

Elinkaarilaskentaohjelmistona käytettiin Timbal Palvelut Oy:n Timbal Energia -laskenta-ohjelmistoa. Laskennan lähtötietoina hyödynnettiin rakennusvaihtoehdoista laadittuja suunnitelmia. Rakennuksen laskennallinen lämpöhäviö laskettiin rakennetyyppiperusteisten lämmönläpäisykertoimien (U-arvo) avulla ulkoseinä-, alapohja- ja yläpohjarakenteiden osalta. Ikkunoiden ja ovien U-arvoina käytettiin ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen energiatodistuksesta (1048/2017) liitteen 1 taulukossa 1 määriteltyjä lämmönläpäisykertoimien taulukkoarvoja. Rakennusten oletettuna lämmitysmuotona toimii kaukolämpö. Taulukossa 7 kuvataan rakennusvaihtoehtojen laskennalliset ostoenergiatarpeet ja energiatehokkuusluokat.

Taulukko 7. Rakennusvaihtoehtojen vakioituun käyttöön perustuva laskennallinen ostoenergian kulutus sekä energiatehokkuusluokka.

Vaihtoehto	E-luku, kWhE/(m² a)	Energia-tehokkuus-luokka	Lämmitetty netto-ala, m²	Ostoenergian kulutus, MWh/a		
				Lämmitys	Jäähdytys	Sähkö
BAU-malli	79	B	2 988	220	30	116
EKO-malli	81	B	3 059	232	25	119

8.4 Laskennassa käytetyt ohjelmistot, tietokannat ja määrälaskenta

Investointikustannukset eli rakentamisvaiheen kustannukset laskettiin Rakennustiedon RATU kustannukset ja CO2e -laskentaohjelmistolla. Muut elinkaarikustannukset eli käytön aikaiset sekä elinkaaren lopun kustannukset laskettiin Excelillä. Rakentamis- ja suunnittelukustannukset pohjautuivat Rakennustiedon ohjelmiston tietokantaan. Energiakustannusten lähtöhinnat perustuivat Tilastokeskuksen tilastoihin. Päästölaskennassa käytettiin Tuotetiedon hiililaskuri -laskentatyökalua. Päästötiedot pohjautuivat ensisijaisesti kansallisen päästötietokannan (CO2data) päästökertoimiin sekä täydentäviltä osin tuotekohtaisiin päästökertoimiin. Energiankulutuksen päästöt ja elinkaaren aikana rakennustuotteiden vaihdoista aiheutuvat päästöt laskettiin Excelillä.

Rakennusmateriaalien määrät laskettiin suunnitelmapiirustuksista. Tavanomaisen BAU-mallin rakennetyypeinä käytettiin hankkeen toteutushetkellä tavanomaisia rakenteita, ja pohjana käytettiin kustannuslaskentaohjelmiston tilalaskentaohjelmistolla laadittua

mallikerrostaloa. Elinkaarioptimoidut rakenteet materiaaleineen määriteltiin suunnitelma-aineiston pohjalta. Purkutyön vaikutukset arvioitiin rakennusalaperusteisesti.

Ostoenergian hintatason määrittelyssä hyödynnettiin Tilastokeskuksen vuoden 2024 keskiarvohintoja. Tietojen perusteella tarkastelun lähtöhintatasoiksi määriteltiin seuraavat:

- sähkö: 150 € / MWh
- kaukolämpö: 100 € / MWh.

8.5 Elinkaarilaskentaan valitut korjaus- ja muutostarpeet

Rakennuksen ennakoitu elinkaari luo viitekehyksen sille, millaisia korjaus- ja muutostarpeita rakennuksessa ajan kuluessa syntyy, ja laaditut skenaariot kokoavat yhteen mahdollisia elinkaaren aikaisia tapahtumia ja niiden toistuvuutta. Tätä kautta korjaus- ja muutostarpeet voidaan kytkeä laskennallisesti kustannuksiin ja päästöihin (ks. 1.3 Rakennuksen elinkaari ja sen ennustaminen).

Laskentamenetelmän hankekohtaisessa sovellutuksessa oletettiin, että sekä EKO- että BAU-kerrostalot kohtaavat elinkaarensa aikana tavanomaisen kulumisen ja teknisen ikääntymisen lisäksi myös ennakoituja erikseen määriteltyjä korjaus- ja muutostarpeita. Tässä hankkeessa elinkaarilaskennassa huomioon otettavilla korjaus- ja muutostarpeilla tarkoitetaan taulukossa 8 koostettuja aiheita, joita käsitellään tarkemmin tämän alaluvun lopussa.

Taulukko 8. Elinkaarilaskennassa elinkaarelle valikoidut korjaus- ja muutostarpeet.

Korjaus- tai muutostarve	BAU: Oletukset ja toteutumissykli	EKO: Oletukset ja toteutumissykli
Uudelleenkäytettävyys: Rakennuksen purku ja uudelleen rakentaminen	Rakennuksen käyttöikäskenaariot: • 50 vuotta • 100 vuotta Purkava uudisrakentaminen: neitseelliset materiaalit	Rakennuksen käyttöikäskenaariot: • 50 vuotta • 100 vuotta • 200 vuotta Purkava uudisrakentaminen: 94 % betonirungosta käytetään uudelleen
Joustavuus: Rakennuksen huoneistojakauman muutos	Huoneistojakauman muutoksia ei sisällytetty	Huoneistojakauman muutokset: 1 krt / 50 v / kerroslamelli
Joustavuus: Huoneiston sisäisen tilajärjestyksen muutos	Tilajärjestyksen muutoksia ei sisällytetty	Tilajärjestyksen muutokset: 1 krt / 50 v / kerroslamelli
Joustavuus: Huoneiston monipuolinen kalustettavuus	Kalustuksen muutoksia ei huomioitu elinkaarilaskennassa	
Säilyvyys: Peruskorjaus	Oletettu molemmissa malleissa 50 vuoden välein, jos purkavaa uudisrakentamista ei tapahdu kyseisenä vuonna	
Säilyvyys: Ikkunoiden vesivauriokorjaus	Ennenaikaiset korjaustarpeet: 5 % ikkunoista 20 vuoden välein	Ei ennenaikaisia korjaustarpeita ikkunoihin
Säilyvyys: Vesivahinkokorjaus	Suuri vesivahinko 20 vuoden välein: • vaurioita kahteen asuntoon	Suuri vesivahinko 20 vuoden välein: • vaurioita yhteen asuntoon
	Pieni vesivahinko 5 vuoden välein: • lattiavaurioita 8 m² alueelle	Pieni vesivahinko 5 vuoden välein: • lattiavaurioita 2 m² alueelle

Oletettuja korjaus- ja muutostarpeita ja niiden toistuvuutta arvioitiin elinkaarilaskentaa taustoittavan kyselyn (ks. 2.3 Kysely ja 6 Elinkaariominaisuudet alan toimijoiden näkökulmasta) tulosten kautta sekä asiantuntija-arvioiden perusteella. Tarkasteluun valitut elinkaarilaskennan muutostarpeet pyrkivät kuvaamaan esimerkinomaisesti laajasti eri elinkaariominaisuuksiin liittyviä muutostarpeita elinkaaren näkökulmasta. Muutostarpeet on tärkeää määritellä rakennushankekohtaisesti huomioiden lain ja asetusten asettamat vaatimukset ja rakennushankkeen lähtökohtien sekä tavoitteiden näkökulmasta merkittävimmät ja potentiaalisimmat elinkaaren muutostarpeet. On hyvä ottaa huomioon, että useat rakennuksen korjaamiseen liittyvät toimenpiteet on on välttämätöntä tehdä, jotta rakennus ja asuintilat täyttävät lakien ja asetusten vaatimukset esimerkiksi terveellisyydestä ja turvallisuudesta rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa.

Pitkä 200 vuoden tarkastelujakso kasvattaa kokonaistarkastelun epätarkkuutta, koska tulevaisuuteen kohdistuvat epävarmuudet kasvavat merkittävästi. Esimerkiksi kustannusten tai teknologisen kehityksen arvioiminen tai ennustaminen pitkälle tulevaisuuteen on hyvin epävarmaa. Toisaalta rahan aika-arvon huomioiminen pienentää kaukana tulevaisuudessa tehtävien investointien merkitystä elinkaaren kokonaiskustannusten näkökulmasta.

Tarkasteluun valittujen skenaarioiden ja muutostarpeiden kohde- ja tavoitekohtaisen määrittelyn tärkeys korostuu etenkin pitkän aikavälin elinkaaritarkasteluissa.

Elinkaarelle valikoituivat hankekohtaisen arvioinnin perusteella seuraavat laskentaa täydentävät korjaus- ja muutostarpeet:

1) Rakennuksen purku ja uudelleen rakentaminen tarkastelujakson aikana

Tavanomaista pidempää 200 vuoden tarkastelujaksoa käytettäessä tarkastelujakson sisällä oletettiin tapahtuvan purkavaa uudisrakentamista. Purkava uudisrakentaminen käsiteltiin kahdessa eri käyttöikäskenaariossa 50 ja 100 vuoden käyttöiällä. Teoreettisen elinkaaritarkastelun yksinkertaistamiseksi purettavan rakennuksen tilalle rakennettavan uudisrakennuksen laskettiin olevan suunnitteluratkaisultaan yhtenevä alkuperäisen rakennuksen kanssa.

Ympäristöministeriön asetusta rakennuksen ilmastoselvityksestä ja rakennustuoteluettelosta (1027/2024, 4 §) seurattaessa rakennuksen vähähiilisyyden arviointijakson pituus on 50 vuotta. Tätä linjausta soveltaen käyttöikäskenaarioksi oletettiin, että purkava uudisrakentaminen tapahtuu kyseisen arviointijakson lopuksi.

Rakennuskantaa simuloivan tutkimuksen (Kurvinen ym., 2021) yhteydessä on arvioitu rakennuskannan poistumaa eli sitä, kuinka suuri osa eri vuosikymmenten rakennuskannasta on säilynyt tähän päivään. Tutkimuksessa käsitellyn historiadatan perusteella noin 50 prosenttia asuinrakennuskannasta on olemassa vielä 100 vuoden jälkeen. Tähän tutkimukseen vedoten tarkastelun pidemmäksi käyttöikäolettamaksi valittiin 100 vuotta.

Tämän hankkeen esimerkkikerrostalon BAU-mallissa purku toteutetaan perinteisenä murskaavana purkuna ja purettavan rakennuksen tilalle rakennetaan uusi vastaava rakennus uusista rakennusosista. Hankkeen EKO-malli on puolestaan oletettu ehjänä purettavaksi, jolloin rakennuksen rungon betonielementit voidaan käyttää uudelleen uudisrakennuksen rakennusosina. Betonirunkoelementtien uudelleenkäyttöasteeksi on asetettu hankekohtaisen arvion perusteella 94 prosenttia, kun otetaan huomioon purun, uudelleenkäytön ja soveltuvuuden varmentamisen yhteydessä syntyvä hukka. Ehjänä purkamisesta ja uudelleenkäytöstä syntyy lisäkustannuksia verrattuna tavanomaiseen purkuun muun muassa ehjänä purkamisen työmenekistä, nosturikustannuksista, purkutyönjohdon kustannuksista, osien välivarastoinnista sekä kelpoisuuden ja soveltuvuuden todentamisesta.

2) Huoneistojakauman ja huoneiston sisäisen tilajärjestyksen muutos

Rakennuksen säilyvyyden ja joustavuuden elinkaariominaisuuksien huomioimiseksi purettavien ja uudelleen rakennettavien rakennusten rinnalla EKO-mallia tarkasteltiin

pidennetyllä teoreettisella 200 vuoden käyttöiällä. Pidennetty käyttöikä oletetaan saavutettavan säilyvyyden ratkaisujen lisäksi joustavalla tila- ja rakennesuunnittelulla.

Taustoittavan kyselyn ja asiantuntija-arvioiden perusteella huoneistojakauman muutoksia arvioitiin tapahtuvan kerran 50 vuodessa kerroslamellia kohden. Vastaavasti huoneiston sisäisiä tilajärjestyksen muutoksia arvioitiin tapahtuvan kerran 50 vuodessa kerroslamellia kohden. Näin ollen 200 vuoden tarkastelujakson aikana oletetaan tapahtuvan 56 tilamuutosta. Joustavuuden kautta saavutettava monipuolinen kalustettavuus ja siitä aiheutuvat kalustusmuutokset eivät näy suoraan kiinteistön omistajalle, joten siitä mahdollisesti aiheutuvia kustannuksia ei sisällytetty laskelmiin.

Laskentaan sisällytetyt tilamuutokset sisältävät muun muassa kevyiden väliseinien siirtoja, purkuja ja rakentamisia, oviaukkojen avauksia ja umpeen rakentamisia sekä muutoksia kiintokalusteisiin.

3) Peruskorjaus

Molemmissa malleissa oletettiin, että peruskorjaus tapahtuu 50 vuoden välein, mikäli kyseisenä vuotena ei tapahdu purkavaa uudisrakentamista. Oletettujen peruskorjausten sisältö laadittiin rakennuksen alkuperäisten rakenne- ja materiaalivalintojen mukaisesti, ja siinä otettiin huomioon käytettyjen rakenneosien ja järjestelmien tekniset käyttöikäolettammat.

4) Ikkunoiden vesivauriokorjaus

Ikkunoiden säilyvyyttä parantavat ikkunaliittymien lisätiivistyksen sisä- ja ulkopinnoilla huomioitiin EKO-mallin elinkaarilaskennassa. BAU-mallin tavanomaisten ikkunaratkaisujen oletettiin hankekohtaisen asiantuntija-arvion perusteella aiheuttavan vesivaurioiden seurauksena ikkunoiden ennaikaisia uusimistarpeita 20 vuoden välein 5 prosentissa ikkunoista.

5) Vesivahinkokorjaus

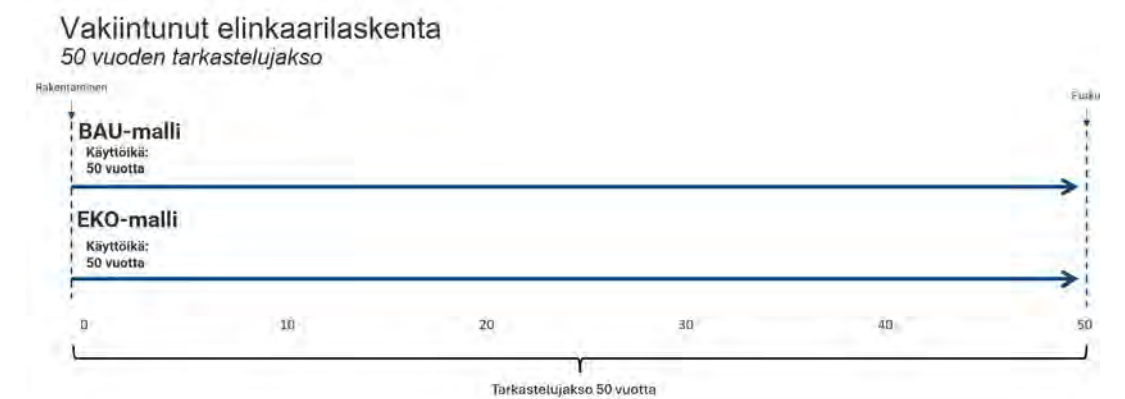
Säilyvyyden ratkaisujen huomioimiseksi tarkastelujaksolle sisällytettiin vesivahinkoja ja niistä aiheutuvia korjaustarpeita. Taustoittavan kyselyn ja asiantuntija-arvioiden perusteella elinkaarelle sijoitettiin kahden eri merkittävyysluokan vesivaurioita.

Suurempia vesivaurioita oletettiin tapahtuvan rakennuksessa kerran 20 vuodessa. Tällaisten vesivahinkojen aiheuttamien vaurioiden oletettiin BAU-mallissa leviävän kahteen asuntoon. EKO-mallissa rakennusvaiheessa lisätyt lattia-seinäliittymien vesieristykset huoneistoissa estävät oletetusti vahinkojen leviämisen, jolloin vesivahinko vaikuttaa ainoastaan yhteen asuntoon.

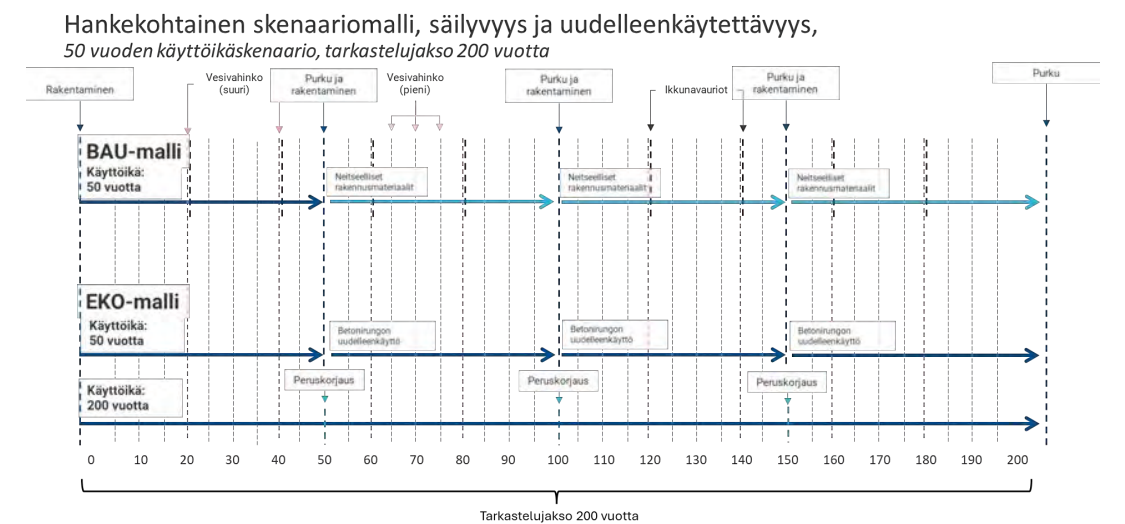
Pienempiä, paikallisia vesivahinkoja oletettiin tapahtuvan rakennuksessa kerran viidessä vuodessa. Näissä tapauksissa vaurioiden oletettiin keskittyvän yhteen asuntoon.

BAU-mallissa asunnossa tapahtuvien vesivahinkojen oletetaan ehtivän levitä laajemmalle alueelle kuin EKO-mallissa EKO-malliin suunniteltujen vuodonilmaisimien takia.

Kuissa 127–131 havainnollistetaan vakiintuneen elinkaarilaskennan ja hankekohtaisen skenaariomallin eroa laskentaan sisällytettävien korjaus- ja muutostarpeiden näkökulmasta sekä kuvataan 200 vuoden tarkasteluun sisältyvien korjaus- ja muutostarpeiden arvioitu ja oletettu sijoittuminen elinkaarelle.

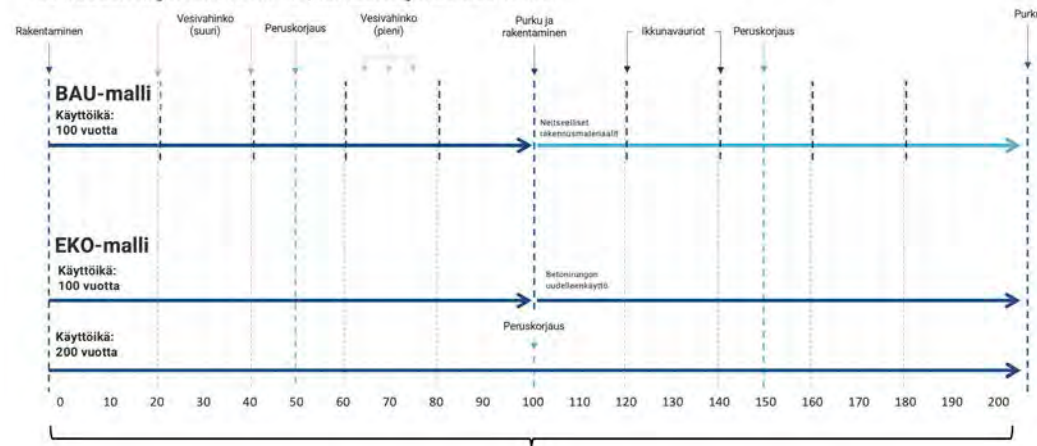


Kuva 127. BAU- ja EKO-mallien elinkaarilaskenta vakiintuneen elinkaarilaskennan mukaisesti. Kuvatus rakentamisen ja purkamisen lisäksi elinkaarella lasketaan kustannukset ja päästöt moduulille B4 (osien vaihto) ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöministeriö, 2024).



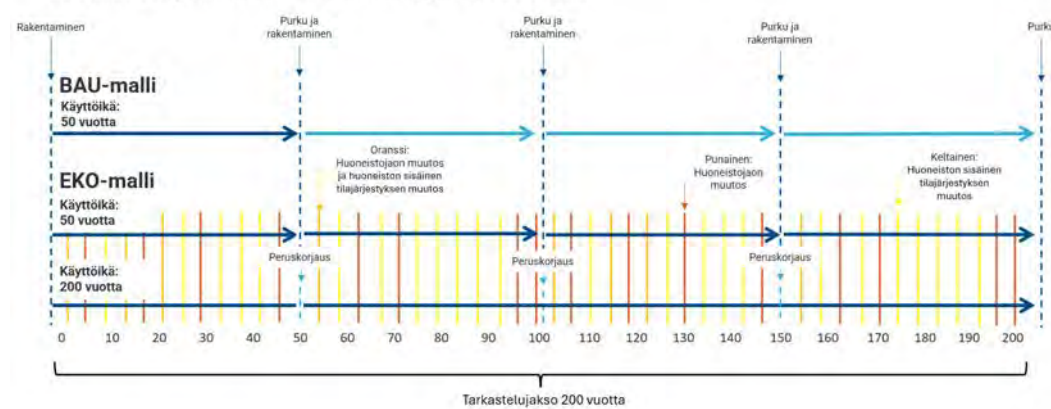
Kuva 128. BAU- ja EKO-mallien elinkaarilaskenta hankekohtaisen skenaariomallin mukaisesti säilyvyyden ja uudelleenkäytettävyyden näkökulmasta 200 vuoden tarkastelujaksolla. BAU- ja EKO-mallien käyttöikä on 50 vuotta. Lisäksi näiden rinnalla EKO-mallia on tarkasteltu 200 vuoden käyttöiällä. Kuvattujen toimenpiteiden lisäksi elinkaarella lasketaan kustannukset ja päästöt moduulille B4 (osien vaihto) ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöministeriö, 2024).

Hankekohtainen skenaariomalli, säilyvyys ja uudelleenkäytettävyys, 100 vuoden käyttöikäskenaario, tarkastelujakso 200 vuotta



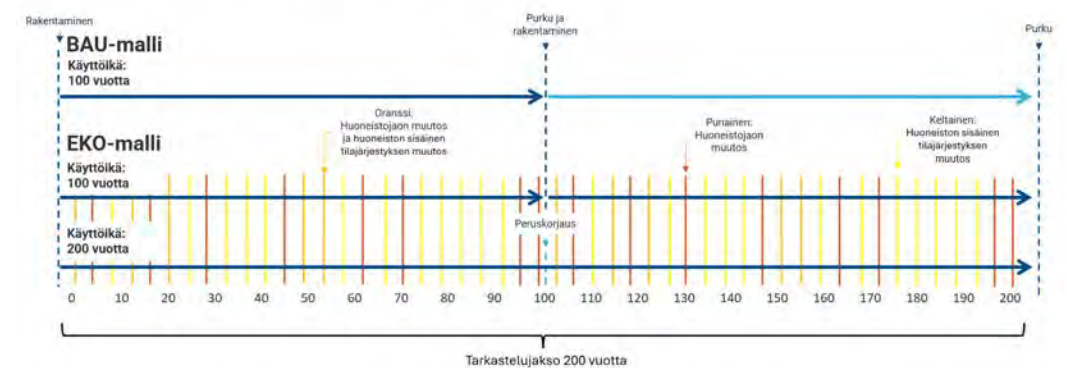
Kuva 129. BAU- ja EKO-mallien elinkaarilaskenta hankekohtaisen skenaariomallin mukaisesti säilyvyyden ja uudelleenkäytettävyyden näkökulmasta 200 vuoden tarkastelujaksolla. BAU- ja EKO-mallien käyttöikä on 100 vuotta. Lisäksi näiden rinnalla EKO-mallia on tarkasteltu 200 vuoden käyttöiällä. Kuvattujen toimenpiteiden lisäksi elinkaarella lasketaan kustannukset ja päästöt moduulille B4 (osien vaihto) ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisesti (Ympäristöministeriö, 2024).

Hankekohtainen skenaariomalli, joustavuus, 50 vuoden käyttöikäskenaario, tarkastelujakso 200 vuotta



Kuva 130. BAU- ja EKO-mallien elinkaarilaskenta hankekohtaisen skenaariomallin mukaisesti joustavuuden näkökulmasta 200 vuoden tarkastelujaksolla. BAU- ja EKO-mallien käyttöikä on 50 vuotta. Lisäksi näiden rinnalla EKO-mallia on tarkasteltu 200 vuoden käyttöiällä. Punaisella kuvataan huoneistojaon muutoksia ja keltaisella huoneiston sisäisiä tilajärjestyksen muutoksia. Kummankin muutostyyppin osalta tapahtuu yksi muutos kerroslamellia kohden 50 vuoden aikana eli 2,8 muutosta kymmenessä vuodessa. Oranssilla kuvataan huoneistojaon ja huoneiston sisäisten muutosten yhtäaikaaisuutta. Kalustamisen muutokset eivät näy kustannuksina eikä päästöinä laskennassa, eikä niitä ole tästä syystä lisätty kuvaajaan.

Hankekohtainen skenaariomalli, joustavuus, 100 vuoden käyttöikäskenaario, tarkastelujakso 200 vuotta



Kuva 131. BAU- ja EKO-mallien elinkaarilaskenta hankekohtaisen skenaariomallin mukaisesti joustavuuden näkökulmasta 200 vuoden tarkastelujaksolla. BAU- ja EKO-mallien käyttöikä on 100 vuotta. Lisäksi näiden rinnalla EKO-mallia on tarkasteltu 200 vuoden käyttöiällä. Punaisella kuvataan huoneistojaon muutoksia ja keltaisella huoneiston sisäisiä tilajärjestyksen muutoksia. Kummankin muutostyyppin osalta tapahtuu yksi muutos kerroslamellia kohden 50 vuoden aikana eli 2,8 muutosta kymmenessä vuodessa. Oranssilla kuvataan huoneistojaon ja huoneiston sisäisten muutosten yhtäaikaaisuutta. Kalustamisen muutokset eivät näy kustannuksina eikä päästöinä laskennassa, eikä niitä ole tästä syystä lisätty kuvaajaan.

8.6 Elinkaarilaskennan tulokset

Tässä luvussa esitetään hankkeeseen suunniteltujen kuvitteellisten kerrostalojen elinkaarilaskennan tulokset kumulatiivisten kustannus- ja päästövaikutusten kautta. 50 vuoden tarkastelujakson tulokset kuvaavat ympäristöministeriön laskentamenetelmän mukaista vakiintunutta laskentatapaa ja kansallisen päästötietokannan käyttöikä tietoja. Hankekohtaisessa skenaariotarkastelussa 200 vuoden tarkastelujakson tuloksissa on huomioitu myös hankekohtaisesti määritellyt korjaus- ja muutostarpeet, kuten tilamuutokset ja vesivahingot. Rakennusosien käyttöikä tietoja on arvioitu tarkemmin hyödyntäen RT-korttien RT 103765 (2025) sekä RT 103766 (2025) teknisiä käyttöikä tietoja kansallisen päästötietokannan tietojen täydentämiseksi.

Tulosten perusteella EKO-mallin elinkaariominaisuuksia korostavien suunnitteluratkaisujen suunnittelusta ja toteutuksesta syntyvät lisäkustannukset nostavat rakennuskustannuksia BAU-malliin verrattuna noin 10,0 prosenttia. Purkavan uudisrakentamisen yhteydessä EKO-mallissa betonirungon uudelleenkäytöllä saavutetaan noin 9,3 prosentin kustannussäästöt uudisrakentamisen kustannuksista (taulukko 9). Betonirungon uudelleenkäyttöön pyrkivä ehjänä purkaminen nostaa purkukustannuksia arvioiden mukaan 30 prosenttia (taulukko 10).

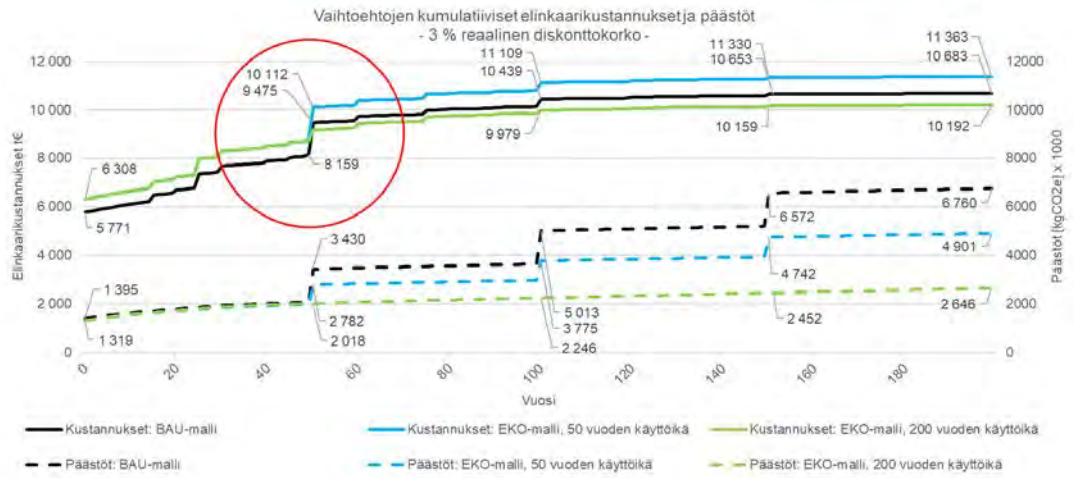
Taulukko 9. Rakennusvaihtoehtojen investointikustannukset ensimmäisellä sekä seuraavilla rakennuskerroilla. Kustannukset ilmoitettu arvonlisäverottomina (alv. 0 %). Kustannustaso toukokuu 2025.

Rakennusvaihtoehto	Ensirakentaminen		Seuraavat rakennuskerrat	
BAU-malli	5,63 M€	1 728 €/brm ²	5,63 M€	1 728 €/brm ²
EKO-malli	6,27 M€	1 901 €/brm ²	5,69 M€	1 726 €/brm ²

Taulukko 10. Rakennusvaihtoehtojen purkukustannukset. Kustannukset ilmoitettu arvonlisäverottomina (alv. 0 %).

Rakennusvaihtoehto	Purkukustannukset	
BAU-malli	325 600 €	100 €/brm ²
EKO-malli	428 480 €	130 €/brm ²

Seuraavissa alaluvuissa tulokset esitetään viivakuvaajina, joissa kumulatiiviset elinkaarikustannukset sekä päästöt on esitetty ajan funktiona. Elinkaarikustannukset on esitetty yhtenäisin viivoin ja päästöt katkoviivoin. Rakennusten elinkaarella on oletettu tapahtuvan 50 vuoden välein joko purkava uudisrakentaminen tai peruskorjaus, minkä vuoksi arvopisteiden arvot on esitetty kuvaajissa 50 vuoden välein. (Kuva 132.)



Kuva 132. Mallikuvaaja elinkaarikustannusten esitystavasta. Punaisella on merkitty 50 vuoden kohdalla tapahtuvan purkavan uudisrakentamisen tai peruskorjauksen jälkeiset kumulatiiviset kustannukset. Katkoviivalla on kuvattu mallin kumulatiiviset elinkaari päästöt, ja yhtenäisellä viivalla on kuvattu mallin kumulatiiviset kustannukset.

8.6.1 Tulokset 50 vuoden tarkastelujaksolla, vakiintunut elinkaarilaskenta

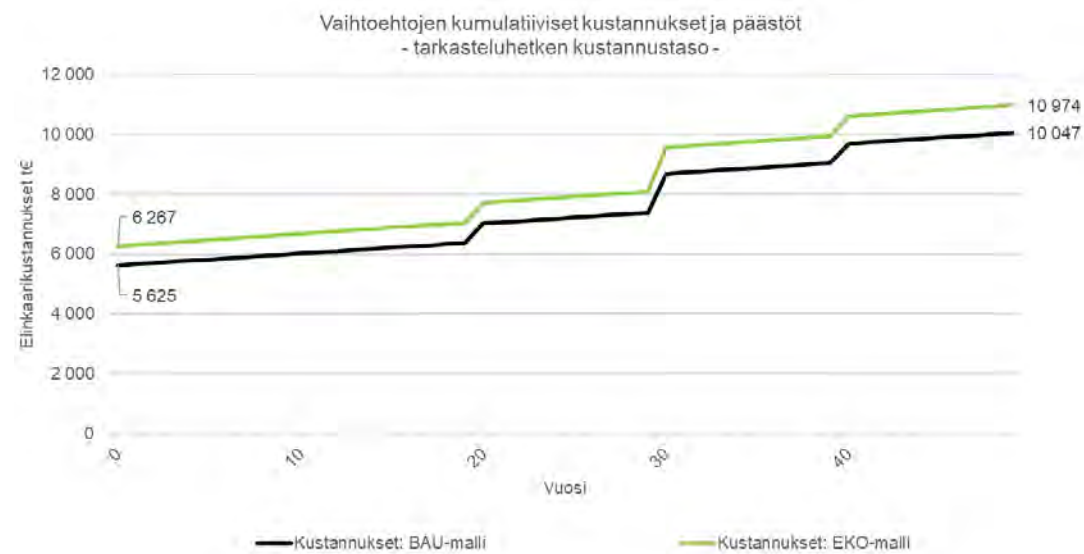
Tuloksista voidaan todeta, että kun elinkaariominaisuudet huomioidaan laaja-alaisesti, rakentamisen investointikustannukset ovat korkeammat kuin tavanomaisella rakennustavalla. Vakioidun 50 vuoden tarkastelujakson aikana yhtenäisiä oletuksia käytettäessä elinkaarella tapahtuvat kustannukset toistuvat sekä BAU- että EKO-mallissa, jolloin elinkaariominaisuuksien huomioiminen näyttäytyy elinkaarikustannusten kasvuna ja päästöjen vähenemisenä (taulukot 11 ja 12). Kustannusten aika-arvon huomioiminen diskonttaamalla ei muuta mallien välistä suhdetta elinkaarikustannusten osalta. (Kuvat 133 ja 134.)

Taulukko 11. Yhteenveto kustannuksista 50 vuoden tarkastelujaksolla nykyhetken kustannustasossa ja 3 prosentin reaalisella diskonttokorolla.

Malli	Rakennuksen käyttöikä	Kumulatiiviset kustannukset 50 vuoden tarkastelujaksolla, nykyhetken kustannustasossa		Kumulatiiviset kustannukset 50 vuoden tarkastelujaksolla, 3 % reaalisella diskonttokorolla	
		yht. t€	yht. €/m ² /a	yht. t€	yht. €/m ² /a
BAU	50 vuotta	10 047	61,71	7 678	47,17
EKO	50 vuotta	10 974	66,59	8 447	51,26

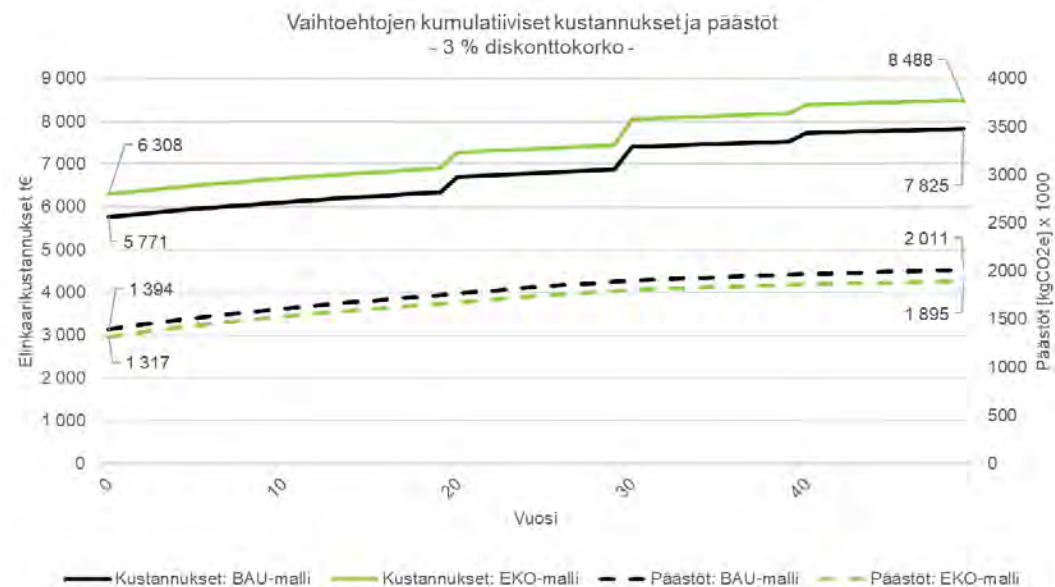
Taulukko 12. Yhteenveto päästöistä 50 vuoden tarkastelujaksolla nykyhetken kustannustasossa.

Malli	Rakennuksen käyttöikä	Kumulatiiviset päästöt 50 vuoden tarkastelujaksolla	
		yht. t kgCO ₂ e	yht. kgCO ₂ e €/m ² /a
BAU	50 vuotta	2 011	13,46
EKO	50 vuotta	1 895	12,39

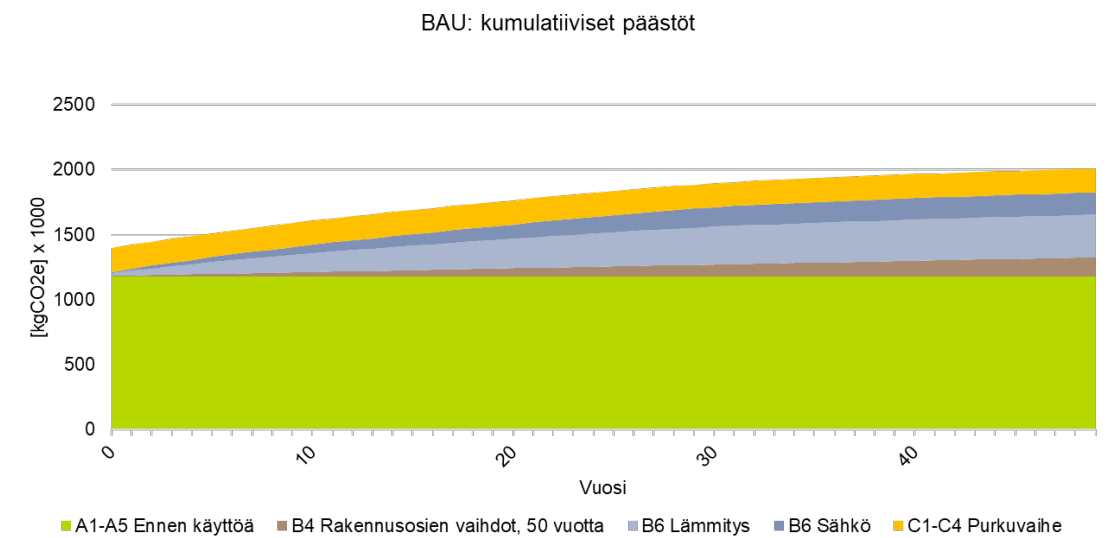


Kuva 133. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset nykyhetken kustannustasossa 50 vuoden tarkastelujaksolla. EKO-mallin kustannukset ovat koko 50 vuoden tarkastelujakson ajan korkeammat kuin BAU-mallin.

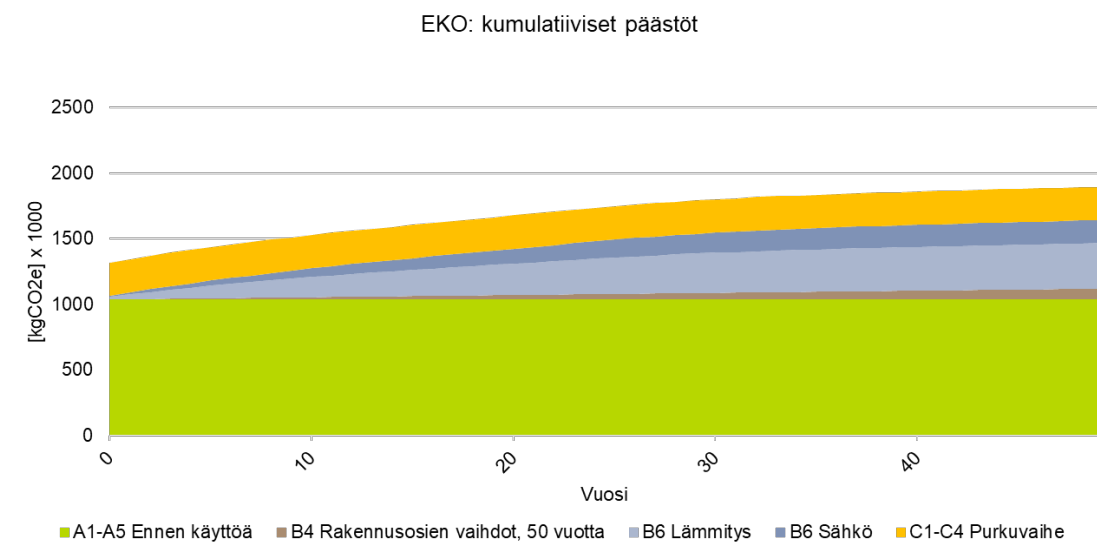
Vaikka EKO-mallin elinkaarikustannukset ovat korkeammat kuin BAU-mallin, se on vähäpäästöisempi elinkaaren aikana (kuva 134). Tähän vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi EKO-mallin puurakenteinen ulkoseinärakenne, joka vähentää rakennusvaiheen päästöjä verrattuna BAU-mallin betonirakenteisiin ulkoseiniin. (kuvat 135-136.)



Kuva 134. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset ja päästöt 50 vuoden tarkastelujaksolla. Kustannukset on käsitelty 3 prosentin reaalisella diskonttokorolla. EKO-mallin kustannukset ovat koko 50 vuoden tarkastelujakson ajan korkeammat kuin BAU-mallin.



Kuva 135. BAU-mallin kumulatiiviset päästöt elinkaaren vaiheittain jaoteltuina 50 vuoden tarkastelujaksolla. Merkittävin osa rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljestä 50 vuoden tarkastelujaksolla muodostuu moduulista A1–A5 (ennen käyttöä).



Kuva 136. EKO-mallin kumulatiiviset päästöt elinkaaren vaiheittain jaoteltuina 50 vuoden tarkastelujaksolla. Merkittävin osa rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljestä 50 vuoden tarkastelujaksolla muodostuu moduulista A1–A5 (ennen käyttöä).

8.6.2 Tulokset 200 vuoden tarkastelujaksolla, hankekohtainen skenaariomalli

Tulosten perusteella EKO-malli muuttuu 200 vuoden tarkastelujaksolla nykyhetken kustannustasossa kannattavammaksi vaihtoehdoksi sen ansiosta, että elinkaariominaisuuksien parantaminen on pidentänyt elinkaarta (kuvat 137 ja 138). Kumulatiivisten kustannusten ja päästöjen tarkastelussa EKO-malli on edullisempi erityisesti silloin, kun sitä verrataan tilanteeseen, jossa BAU-malli tai EKO-malli puretaan 50 tai 100 vuoden välein (taulukot 13 ja 14).

Toistuva purkava uudisrakentaminen sekä BAU- että EKO-mallin ratkaisuissa kasvattaa eniten niin elinkaarikustannuksia kuin päästöjäkin. EKO-mallin purettavaksi suunniteltu betonielementtirunko kuitenkin vähentää päästöjä merkittävästi purkavan uudisrakentamisen yhteydessä. EKO-mallin purkavan uudisrakentamisen hiilijalanjälki (A1–A5) on noin 46,7 prosenttia BAU-mallin purkavan uudisrakentamisen hiilijalanjäljestä (551 t CO2e vs. 1 180 t CO2e). EKO-mallin ensirakentamiseen verrattuna EKO-mallin purkavan uudisrakentamisen päästöt (A1–A5) ovat noin 53,3 prosenttia pienemmät (551 t CO2e vs. 1 034 t CO2e).

Kustannusten näkökulmasta betonirungon uudelleenkäytöllä EKO-mallissa saavutetaan noin 9,3 prosentin säästöt verrattuna ensirakentamiseen (1 726 €/brm² vs. 1 901 €/brm²). Vaikka uudelleenkäyttö tuo säästöjä materiaalikustannuksissa, työkustannukset vuorostaan kasvavat muun muassa ehjänä purkamisen lisääntyvän työmenekin kautta. Lisäksi kustannusten diskonttaus nettonykyarvotarkastelun mukaisesti vähentää tulevaisuudessa saavutettavien kustannussäästöjen merkitystä. Samoista syistä EKO-malli on elinkaarikustannuksiltaan korkeampi kuin saman käyttöiän BAU-malli. EKO-mallin kalliimmat, elinkaariominaisuuksia huomioivat suunnittelu- ja toteutusratkaisut tasaavat uudelleenkäytöstä saatua kustannushyötyä (BAU-malli 1 726 €/brm², EKO-malli 1 728 €/brm²).

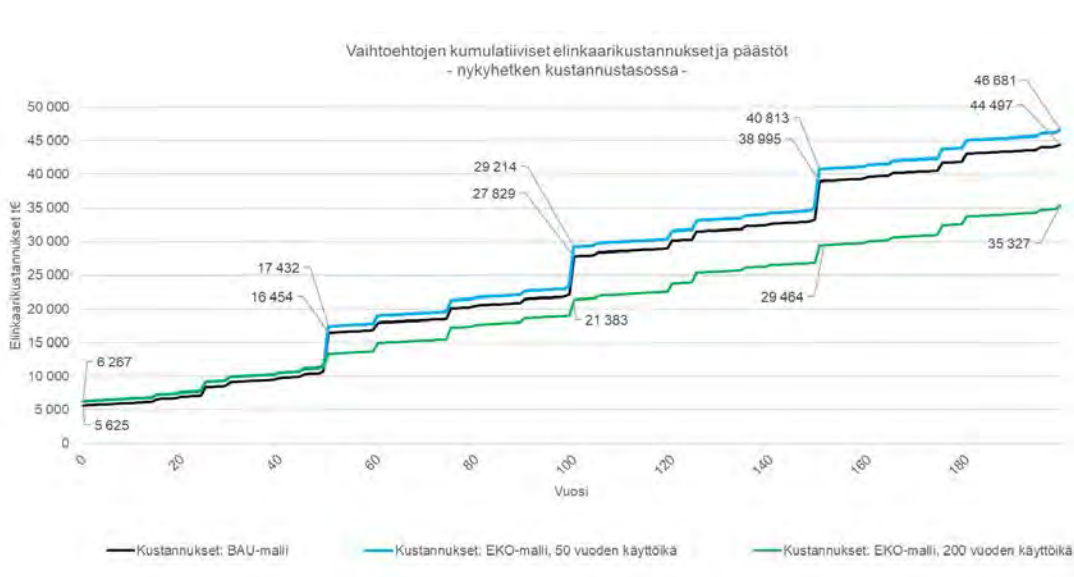
Taulukko 13. Yhteenveto kustannuksista 200 vuoden tarkastelujaksolla nykyhetken kustannustasossa ja 3 prosentin reaalisella diskonttokorolla.

Malli	Rakennuksen käyttöikä	Kumulatiiviset kustannukset 200 vuoden tarkastelujaksolla, nykyhetken kustannustasossa		Kumulatiiviset kustannukset 200 vuoden tarkastelujaksolla, 3 % reaalisella diskonttokorolla	
		yht. t€	yht. €/m²/a	yht. t€	yht. €/m²/a
BAU	50 vuotta	44 497	68,33	10 545	16,13
EKO	50 vuotta	46 681	70,81	11 363	17,18
BAU	100 vuotta	36 434	55,95	9 513	14,55
EKO	100 vuotta	38 932	59,06	10 371	15,67
EKO	200 vuotta	35 327	53,59	10 192	16,65

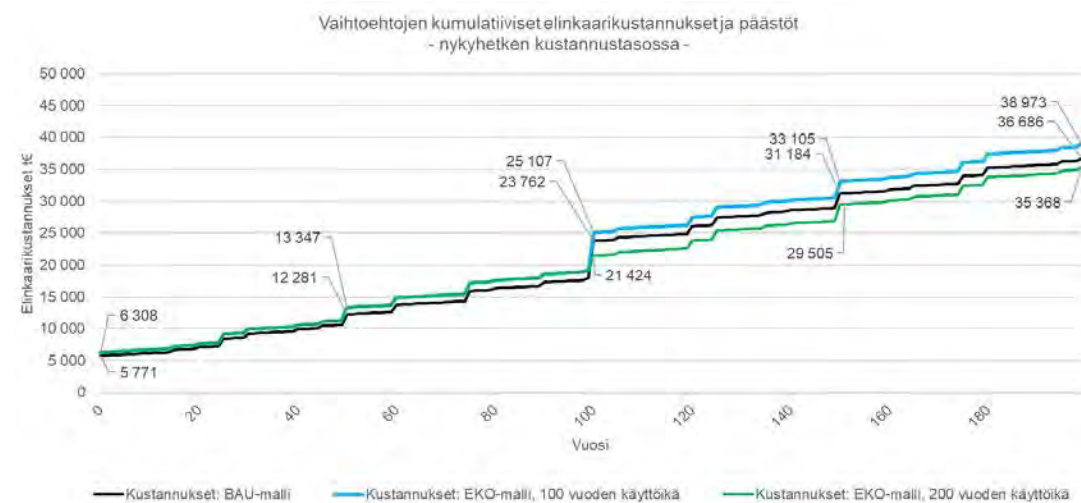
Taulukko 14. Yhteenveto päästöistä 200 vuoden tarkastelujaksolla nykyhetken kustannustasossa.

Malli	Rakennuksen käyttöikä	Kumulatiiviset päästöt 200 vuoden tarkastelujaksolla	
		yht. t kgCO ₂ e	yht. kgCO ₂ e €/m²/a
BAU	50 vuotta	6 760	11,31
EKO	50 vuotta	4 901	8,01
BAU	100 vuotta	4 029	6,74
EKO	100 vuotta	3 292	5,38
EKO	200 vuotta	2 646	4,32

Kuvat 137 ja 138 esittävät kustannuksia nykyhetken kustannustasossa erilaisilla rakennuksen käyttöikäolettamilla. Lyhyempi käyttöikä kasvattaa purettavien ja uudelleenrakennettavien rakennusten elinkaarikustannuksia merkittävästi, jolloin pitkäikäisempi EKO-malli muuttuu edullisemmaksi, kun verrokkirakennukset joudutaan purkamaan ja rakentamaan uudelleen ensimmäisen kerran.

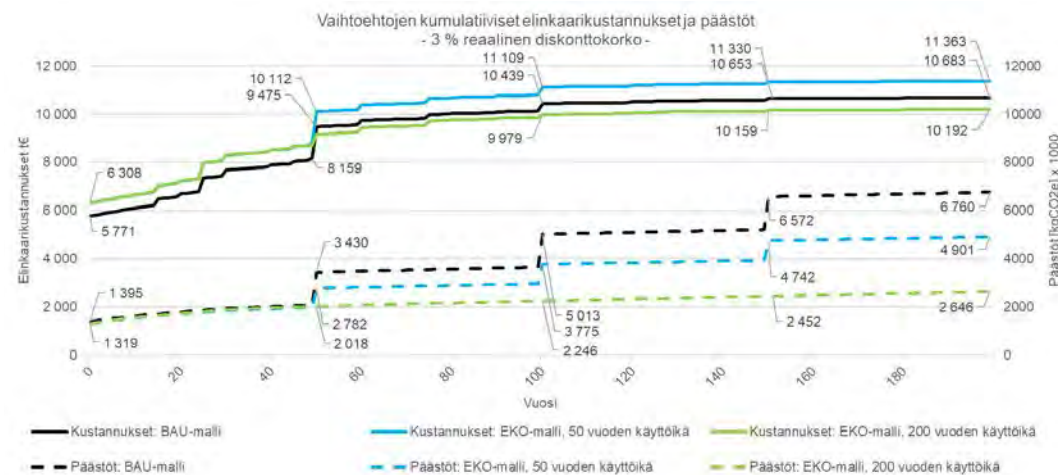


Kuva 137. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset nykyhetken kustannustasossa tarkasteltuina 200 vuoden tarkastelujaksolla. BAU-mallin käyttöikä on 50 vuotta, EKO-malli on käsitelty sekä 50 että 200 vuoden käyttöiällä. EKO-malli muuttuu elinkaarikustannuksiltaan edullisemmaksi 50 vuoden jälkeen, mikäli EKO-mallia ei pureta 50 vuoden kohdalla. Tätä ennen BAU-malli näyttäytyy kustannuksiltaan edullisempänä.



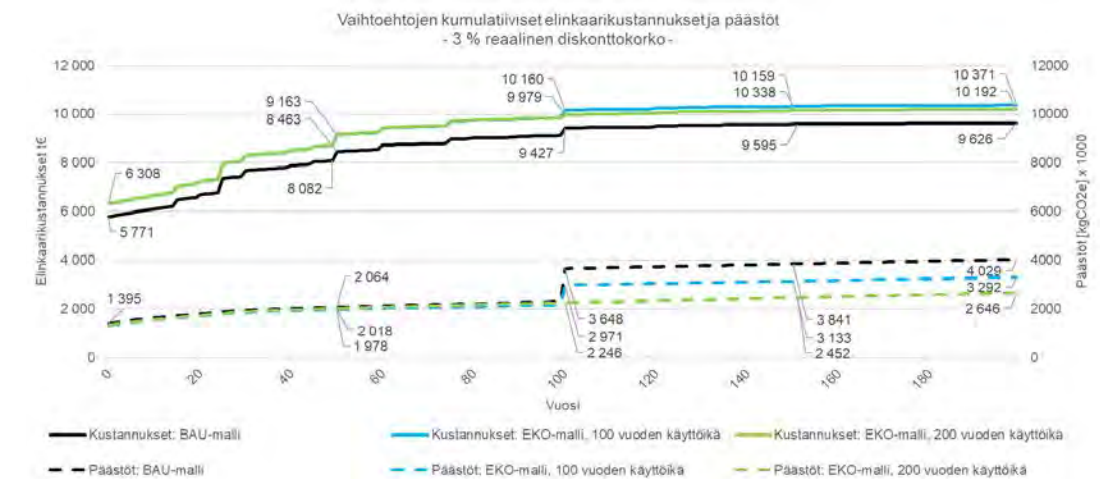
Kuva 138. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset nykyhetken kustannustasossa tarkasteltuina 200 vuoden tarkastelujaksolla. BAU-mallin käyttöikä on 100 vuotta, EKO-malli on käsitelty sekä 100 että 200 vuoden käyttöiällä. EKO-malli muuttuu elinkaarikustannuksiltaan edullisemmaksi 100 vuoden jälkeen, mikäli EKO-mallia ei pureta 100 vuoden kohdalla. Tätä ennen BAU-malli näyttäytyy kustannuksiltaan edullisempänä.

Kun käytetään elinkaaritarkasteluissa tavanomaisesti käytettyä 3 prosentin reaalista diskonttokorkokantaa, pitkäikäinen EKO-malli muuttuu kumulatiivisilta kustannuksiltaan kannattavimmaksi vaihtoehdoksi, mikäli vertailukohtana käytetään 50 vuoden kohdalla purettavaa BAU- tai EKO-mallia (kuva 139).



Kuva 139. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset ja päästöt 200 vuoden tarkastelujaksolla. Rakennuksen arvioitu käyttöikä on 50 vuotta. Kustannukset on käsitelty 3 prosentin reaalidiscountkorolla. Päästöille ei ole käytetty vastaavaa nykyarvomenetelmää. EKO-malli muuttuu elinkaarikustannuksiltaan edullisemmaksi 100 vuoden jälkeen, mikäli EKO-mallia ei pureta 100 vuoden kohdalla. Tätä ennen BAU-malli näyttäytyy kustannuksiltaan edullisempänä. EKO-malli on koko elinkaaren ajan hiilijalanjäljeltään pienempi, mutta ero korostuu purkavan uudisrakentamisen yhteydessä.

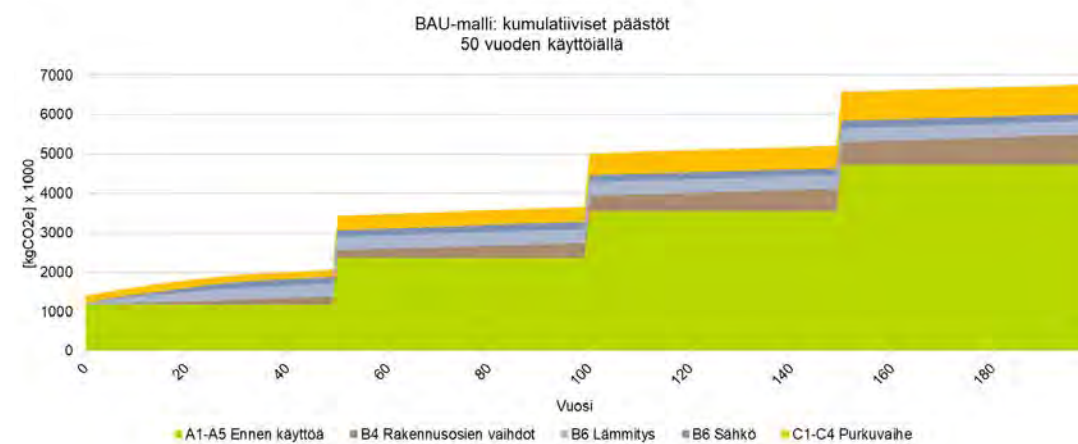
Mikäli vertailukohtana käytettävä rakennus puretaan vasta 100 vuoden kohdalla, syö diskonttaus elinkaariominaisuuksien optimoinnilla saavutettavat hyödyt ja BAU-malli näyttäytyy kumulatiivisilta kustannuksiltaan kannattavampana vaihtoehtona (kuva 140).



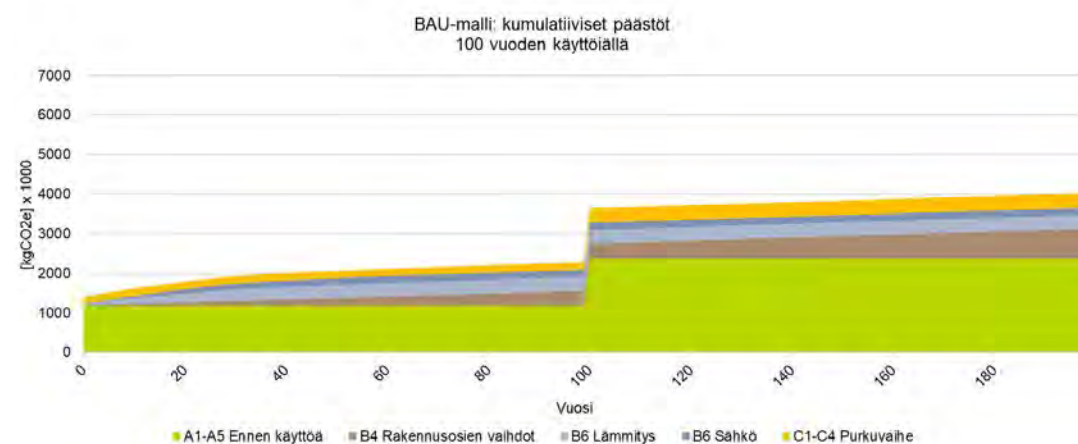
Kuva 140. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset ja päästöt 200 vuoden tarkastelujaksolla. Rakennuksen arvioitu käyttöikä on 100 vuotta. Kustannukset on käsitelty 3 prosentin reaalidiscountkorolla. Päästöille ei ole käytetty vastaavaa nykyarvomenetelmää. BAU-malli on elinkaarikustannuksiltaan edullisempi koko elinkaaren ajan. EKO-malli on koko elinkaaren ajan hiilijalanjäljeltään pienempi, mutta ero korostuu purkavan uudisrakentamisen yhteydessä.

Merkittävimmät päästöt syntyvät ennen käyttöä (moduulit A1–A5). 200 vuoden käyttöikäolettamalla rakennusosien vaihtojen osuus kumulatiivistista päästöistä odotetusti kasvaa. Käyttövaiheen B6 energiankulutuksen päästöissä ei vaihtoehtojen välillä ole merkittävää eroa, sillä rakennusvaihtoehtojen energiatehokkuudessa ei laskennallisesti ole merkittäviä eroja. (Kuvat 141–145.)

Kuvista 141 ja 142 voidaan päätellä, että BAU-mallin kumulatiiviset päästöt 200 vuoden tarkastelujaksolla koostuvat valtaosalta ennen käyttöä tapahtuvista vaiheista (A1–A5). Mitä useammin rakennus joudutaan purkamaan ja rakentamaan uudelleen, sitä merkittävämmäksi moduulien A1–A5 osuus elinkaaren päästöistä muuttuu.

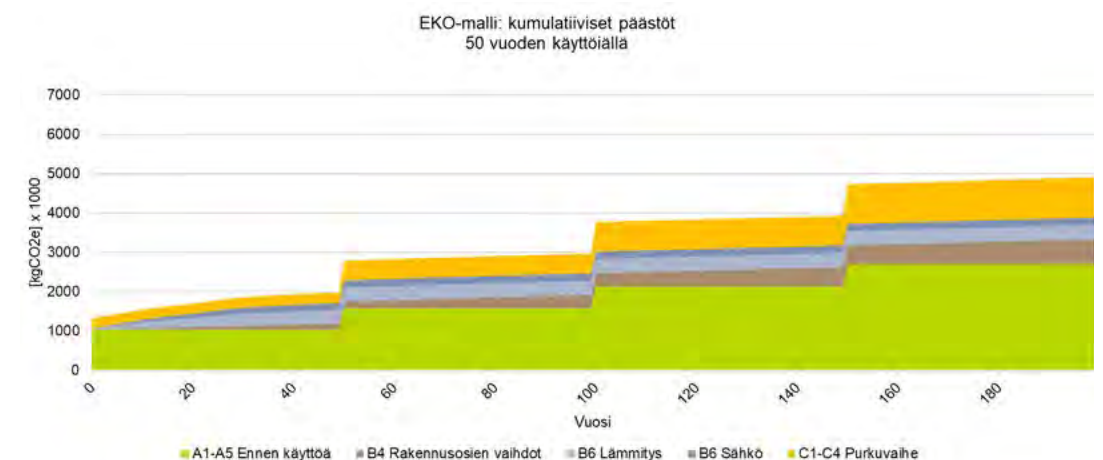


Kuva 141. BAU-mallin kumulatiiviset päästöt elinkaaren vaiheittain jaoteltuina 200 vuoden tarkastelujaksolla. Rakennuksen käyttöiäksi oletetaan 50 vuotta. Merkittävin osa rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljestä 50 vuoden tarkastelujaksolla muodostuu moduulista A1–A5 (ennen käyttöä), mikä korostuu purkavan uudisrakentamisen yhteydessä.

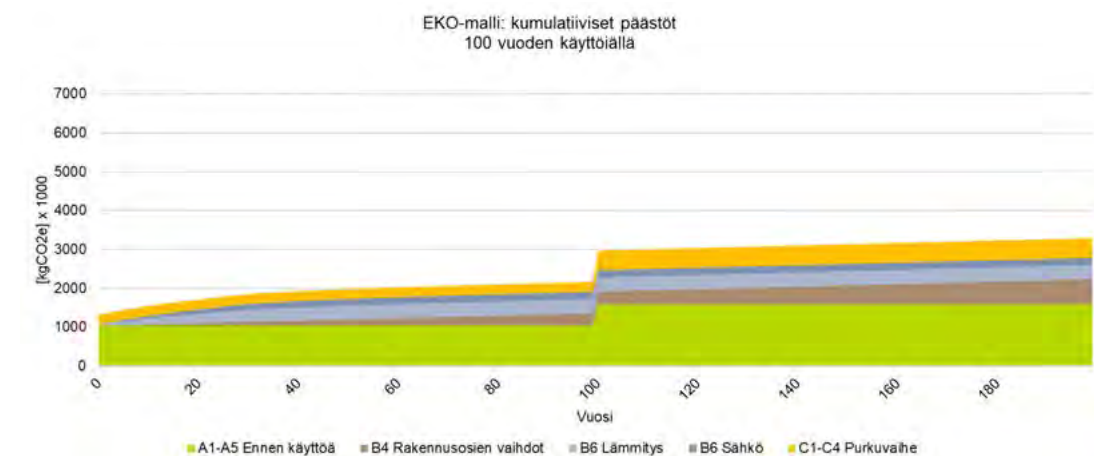


Kuva 142. BAU-mallin kumulatiiviset päästöt elinkaaren vaiheittain jaoteltuina 200 vuoden tarkastelujaksolla. Rakennuksen käyttöiäksi oletetaan 100 vuotta. Merkittävin osa rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljestä 50 vuoden tarkastelujaksolla muodostuu moduulista A1–A5 (ennen käyttöä), mikä korostuu purkavan uudisrakentamisen yhteydessä.

Kuvista 143 ja 144 voidaan päätellä, että rungon betoniosien uudelleenkäytöllä saavutetaan merkittäviä päästöhyötyjä purkavan uudisrakentamisen yhteydessä. Mitä useammin tarkastelujakson aikana rakennus joudutaan purkamaan ja rakentamaan uudelleen, sitä suuremmat päästöhyödyt suhteutettuna BAU-malliin uudelleenkäytettävällä rungolla saavutetaan.

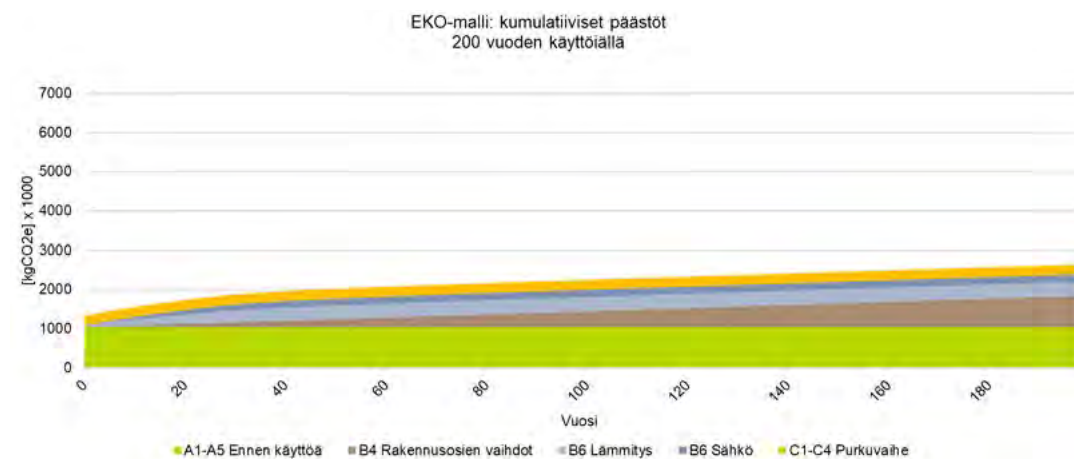


Kuva 143. EKO-mallin kumulatiiviset päästöt elinkaaren vaiheittain jaoteltuina 200 vuoden tarkastelujaksolla. Rakennuksen käyttöiäksi oletetaan 50 vuotta. Merkittävin osa rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljestä 50 vuoden tarkastelujaksolla muodostuu moduulista A1–A5 (ennen käyttöä), mikä korostuu purkavan uudisrakentamisen yhteydessä. Betonirungon uudelleenkäyttö pienentää seuraavien rakennuskertojen hiilijalanjälkeä ensimmäiseen rakennuskertaan verrattuna.



Kuva 144. EKO-mallin kumulatiiviset päästöt elinkaaren vaiheittain jaoteltuina 200 vuoden tarkastelujaksolla. Rakennuksen käyttöiäksi oletetaan 100 vuotta. Merkittävin osa rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljestä 50 vuoden tarkastelujaksolla muodostuu moduulista A1–A5 (ennen käyttöä), mikä korostuu purkavan uudisrakentamisen yhteydessä. Betonirungon uudelleenkäyttö pienentää purkavan uudisrakentamisen hiilijalanjälkeä ensimmäiseen rakennuskertaan verrattuna.

Kuten edellä esitetyistä kuvista nähdään, elinkaaren päästöjen merkittävin aiheuttaja on käyttöä edeltävien moduulien A1–A5 päästöt. Tuloksista voidaan todeta, että mitä pidempi käyttöikä rakennukselle saadaan, sitä suuremmat päästöhyödyt elinkaarella voidaan saavuttaa. Kuva 145 kuvaa tilannetta, jossa elinkaariominaisuuksia parantamalla on saavutettu tilanne, että alkuperäinen rakennus säilyy käytössä koko 200 vuoden tarkastelujakson ajan. Elinkaaren kokonaispäästöt jäävät tällöin merkittävästi pienemmiksi kuin muissa esitetyissä vaihtoehdoissa 200 vuoden tarkastelujaksolla.



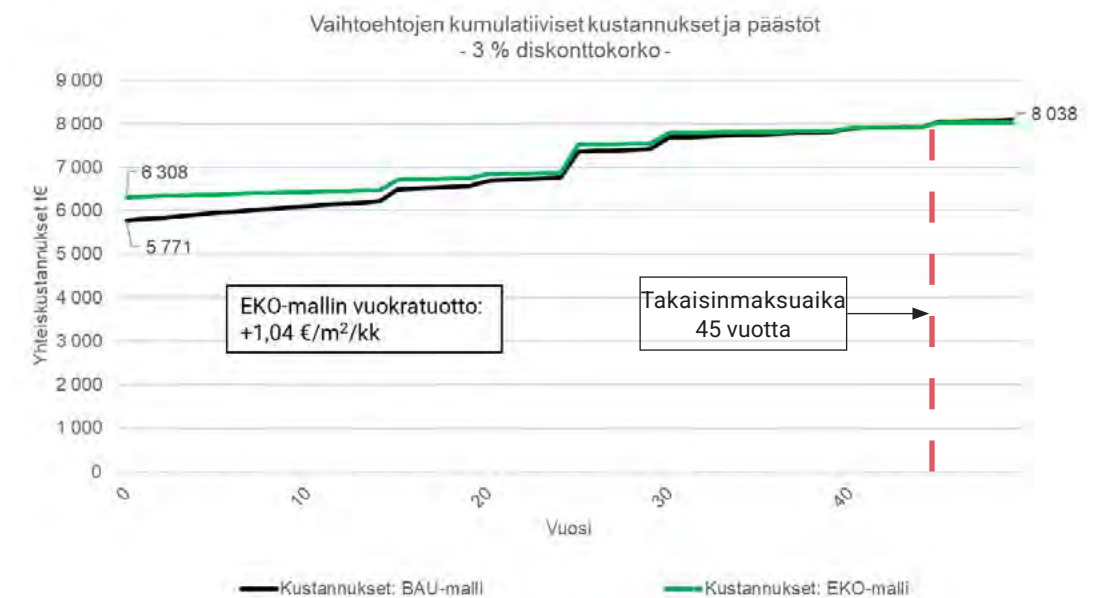
Kuva 145. EKO-mallin kumulatiiviset päästöt elinkaaren vaiheittain jaoteltuina 200 vuoden tarkastelujaksolla. Rakennuksen käyttöiäksi oletetaan 200 vuotta. Merkittävin osa rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljestä 50 vuoden tarkastelujaksolla muodostuu moduulista A1–A5 (ennen käyttöä). Purkavaa uudisrakentamista vältettäessä päästöt jäävät huomattavasti pienemmiksi kuin muissa vaihtoehdoissa.

8.6.3 Vuokratulotarkastelu

Edellä esitellyissä tuloksissa käsiteltiin eri vaihtoehtojen elinkaarikustannuksia. Siksi tarkastelun ulkopuolelle jätettiin oletetut ja odotetut rakennushankkeen tulot muun muassa vuokratuottojen muodossa. EKO-mallin elinkaariominaisuuksia huomioivassa suunnittelussa ja toteutuksessa on kuitenkin muun muassa joustavuuteen liittyviä osa-alueita, jotka kasvattavat investointi- ja elinkaarikustannuksia, jolloin niiden taloudellinen hyöty ei tule suoraan esiin pelkkiä kustannuksia tarkasteltaessa.

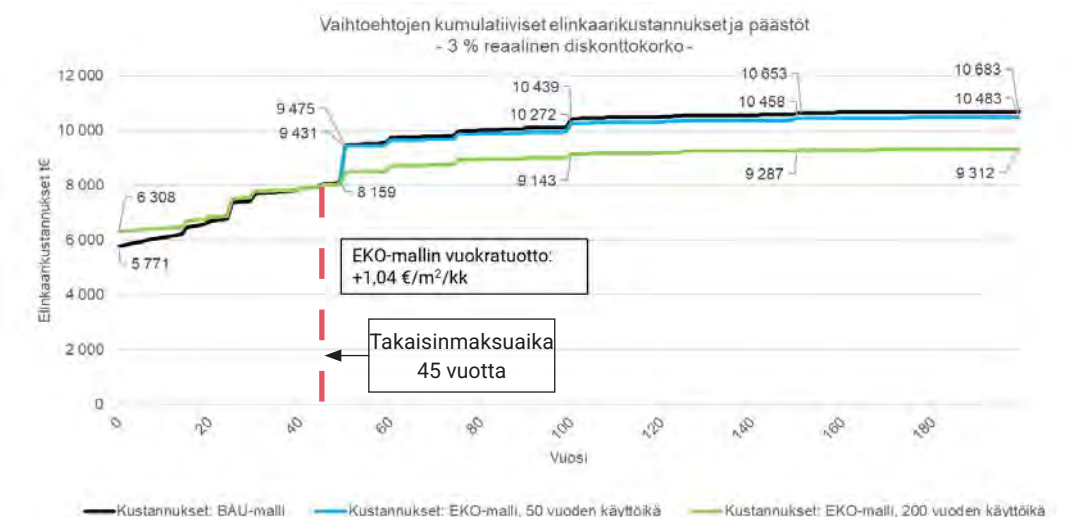
Tästä syystä tuloksia haluttiin tarkastella myös huomioiden mahdollinen vuokratuoton kasvu. Tämä oletus tuo lisänäkökulman tulosten tulkintaan, mutta sisältää samalla epävarmuustekijöitä, jotka on syytä huomioida johtopäätöksissä. Tarkasteluissa on oletettu, että elinkaariominaisuuksia huomioivan rakennuksen vuokrausaste on korkeampi muun muassa paremman muunneltavuuden ansiosta, mikä kasvattaa keskimääräistä vuokratuottoa.

Korkeammilla vuokratuotoilla saavutettavaa EKO-mallin ensirakentamisen korkeampien kustannusten takaisinmaksua käsiteltiin 3 prosentin reaalisella diskonttokorolla. Kumulatiivisten kustannuskäyrien leikkuupistettä eli lisärakennuskustannusten takaisinmaksuaikaa etsittiin iteroimalla vuokratuoton kasvua huoneistopinta-alaa kohden. EKO-malli vaatii huoneistoalalta noin 1,04 €/m²/kk korkeampaa keskimääräistä vuokratuottoa, jotta BAU-malliin verrattuna korkeammat investointikustannukset saadaan kustannettua 50 vuoden tarkastelujaksolla aikana. (Kuva 146.)

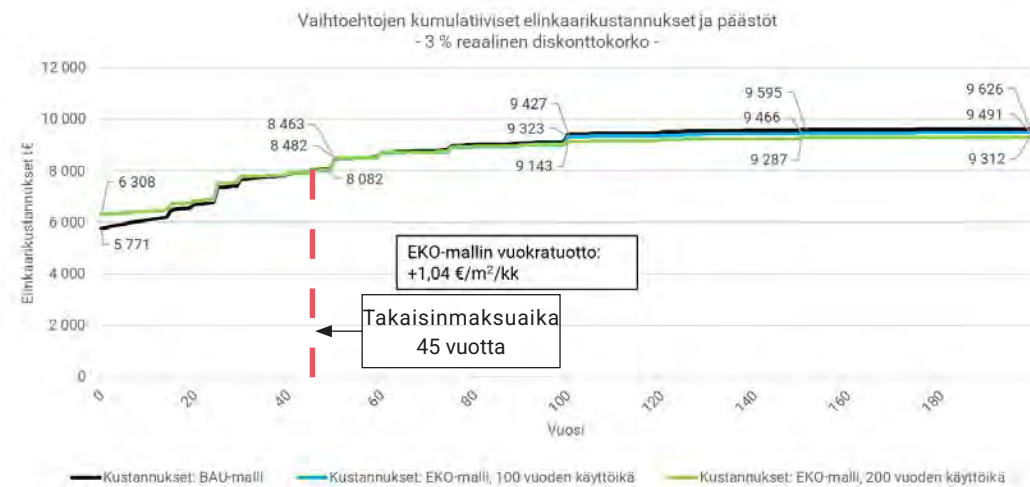


Kuva 146. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset 3 prosentin reaalisella diskonttokorolla 50 vuoden tarkastelujaksolla. EKO-mallille on oletettu keskimäärin 1,04 €/m²/kk korkeampi vuokratuotto elinkaaren ajalta, jolloin takaisinmaksu tapahtuu 50 vuoden sisällä, juuri ennen tarkastelujaksolla loppua.

Käytettäessä samaa 1,04 €/m²/kk lisävuokratuottotasoa 200 vuoden tarkastelujaksolla myös purettava EKO-malli näyttäytyy purkavan uudisrakentamisen jälkeen päästöjen lisäksi myös elinkaarikustannuksiltaan kannattavampana ratkaisuna sekä 50 vuoden oletetulla käyttöiällä että 100 vuoden oletetulla käyttöiällä. (Kuvat 147 ja 148.)



Kuva 147. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset 3 prosentin reaalisella diskonttokorolla 200 vuoden tarkastelujaksolla. EKO-mallille on oletettu keskimäärin 1,04 €/m²/kk korkeampi vuokratuotto elinkaaren ajalta. Purkavien uudisrakentamisten on oletettu tapahtuvan 50 vuoden kohdalla. Takaisinmaksu tapahtuu 50 sisällä, joten 200 vuoden elinkaarikustannukset ovat EKO-mallissa pienemmät kuin BAU-mallissa.



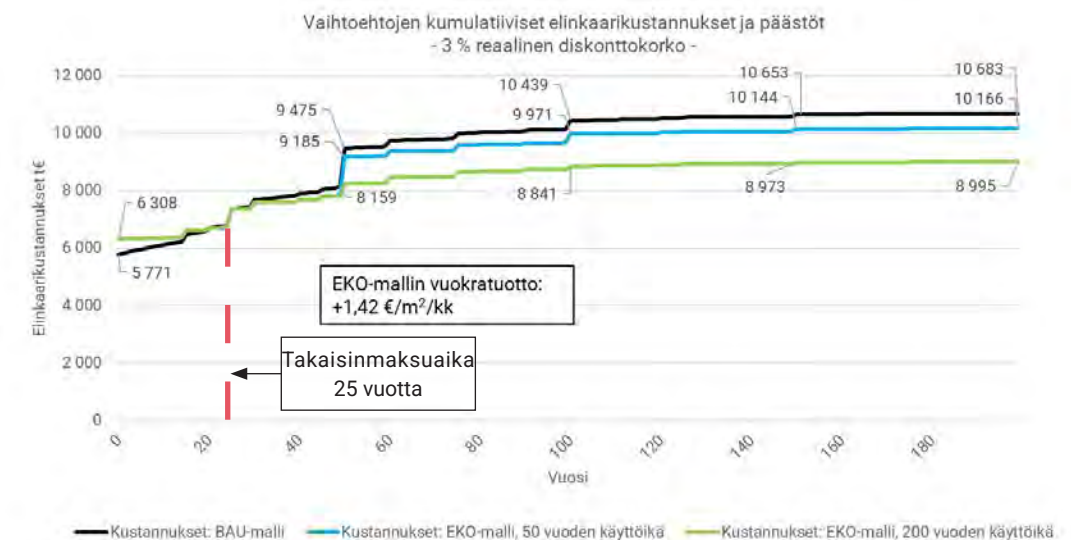
Kuva 148. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset 3 prosentin reaalisella diskonttorokolla 200 vuoden tarkastelujaksolla. EKO-mallille on oletettu keskimäärin 1,04 €/m²/kk korkeampi vuokratuotto elinkaaren ajalta. Purkavien uudisrakentamisten on oletettu tapahtuvan 100 vuoden kohdalla. Takaisinmaksu tapahtuu 50 vuoden sisällä, joten 200 vuoden elinkaarikustannukset ovat EKO-mallissa pienemmät kuin BAU-mallissa.

Mikäli EKO-mallin korkeampien alkuinvestointikustannusten takaisinmaksu ajoitetaan 25 vuoden kohdalle, vaaditaan EKO-mallilta huoneistoalaltaan 1,42 €/m²/kk korkeampaa keskimääräistä vuokratuottoa verrattuna BAU-malliin. (Kuvat 149-151.)

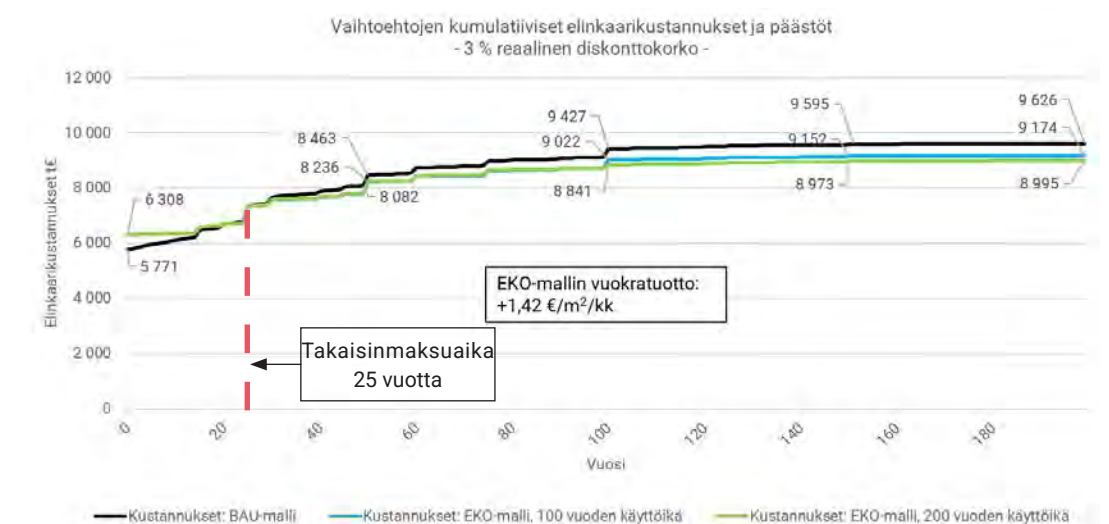


Kuva 149. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset 3 prosentin reaalisella diskonttorokolla 50 vuoden tarkastelujaksolla. EKO-mallille on oletettu keskimäärin 1,42 €/m²/kk korkeampi vuokratuotto elinkaaren ajalta, jolloin takaisinmaksu tapahtuu 25 vuoden sisällä.

Käytettäessä samaa 1,42 €/m²/kk lisävuokratuottotasoa 200 vuoden tarkastelujaksolla myös purettava EKO-malli näyttyy purkavan uudisrakentamisen jälkeen päästöjen lisäksi myös elinkaarikustannuksiltaan kannattavampana ratkaisuna sekä 50 vuoden oletetulla käyttöiällä että 100 vuoden oletetulla käyttöiällä (Kuvat 150 ja 151).



Kuva 150. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset 3 prosentin reaalisella diskonttorokolla 200 vuoden tarkastelujaksolla. EKO-mallille on oletettu keskimäärin 1,42 €/m²/kk korkeampi vuokratuotto elinkaaren ajalta. Purkavien uudisrakentamisten on oletettu tapahtuvan 50 vuoden kohdalla. Takaisinmaksu tapahtuu 25 vuoden sisällä, jolloin 200 vuoden elinkaarikustannukset ovat EKO-mallissa pienemmät kuin BAU-mallissa.



Kuva 151. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset 3 prosentin reaalisella diskonttorokolla 200 vuoden tarkastelujaksolla. EKO-mallille on oletettu keskimäärin 1,42 €/m²/kk korkeampi vuokratuotto elinkaaren ajalta. Purkavien uudisrakentamisten on oletettu tapahtuvan 100 vuoden kohdalla. Takaisinmaksu tapahtuu 25 vuoden sisällä, jolloin 200 vuoden elinkaarikustannukset ovat EKO-mallissa pienemmät kuin BAU-mallissa.

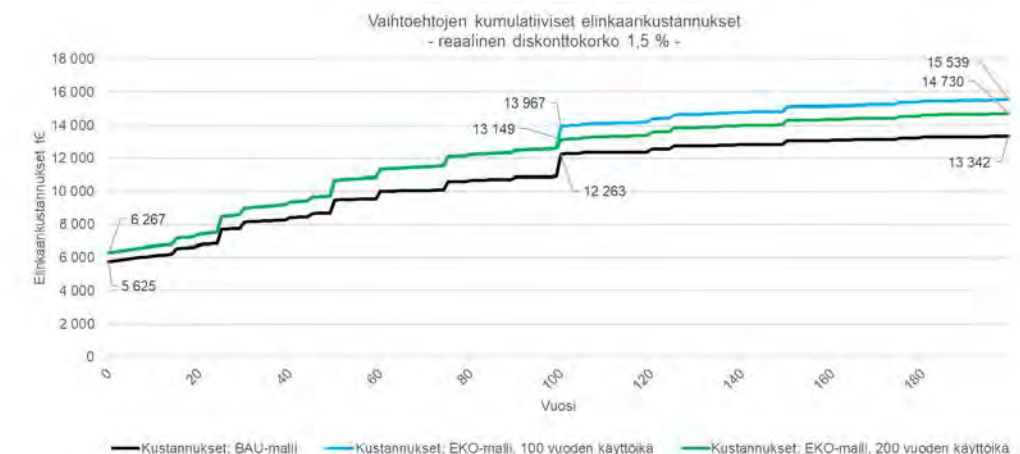
Kun tarkastellaan vapaarahoitteisia kalustamattomia kerrostaloasuntoja Helsingissä, keskimääräinen kuukausivuokra asuinpinta-alaan suhteutettuna oli kesäkuussa 2025 yksiöissä 26,9 €/m², kaksioissa 20,8 €/m² ja kolmioissa 19,1 €/m² (Vuokraovi.com, 2025). Taulukossa 15 on eritelty, millaiset vaikutukset huoneistokohtaisiin vuokratuotto-odotuksiin keskimääräisen vuokratuotto-odotuksen kasvu aiheuttaa. 50 vuoden aikana tapahtuva takaisinmaksu vaatii huoneistotyyppistä riippuen 3,9–5,4 prosenttia keskimääräistä korkeampaa vuokratuottoa. 25 vuoden takaisinmaksu vaatii huoneistotyyppistä riippuen 5,3–7,4 prosenttia keskimääräistä korkeampaa vuokratuottoa.

Taulukko 15. Vuokratuotto-odotuksen kasvun vaikutus eri kokoluokan huoneistoilta odotettavaan keskimääräiseen kuukausivuokratuloon sekä vuokratuotto-odotuksen kasvu suhteutettuna tavanomaiseen keskimääräiseen vuokratasoon.

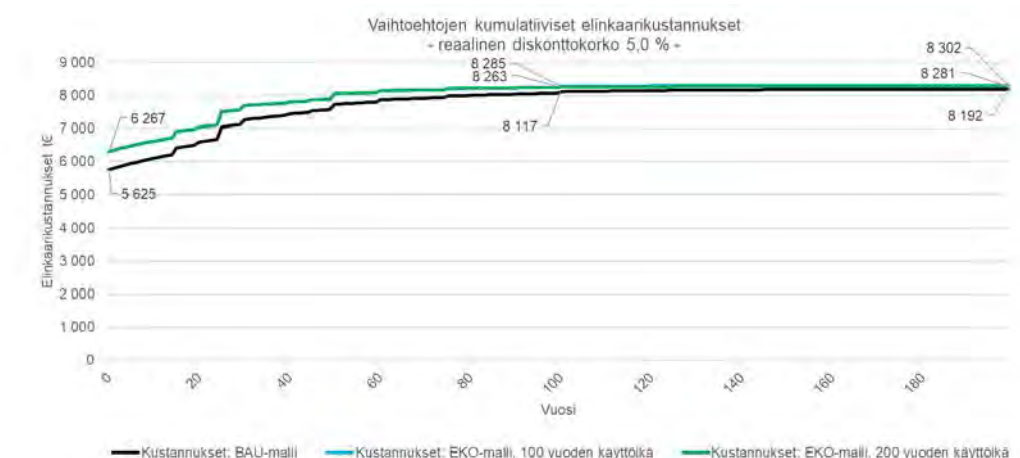
Vuokratulo	Yksiöt – 36,5 m ²	Kaksiot – 53,5 m ²	Kolmiot – 95,0 m ²
Tavanomainen	982 €/kk	1 113 €/kk	1 815 €/kk
50 v takaisinmaksu + 1,04 €/m ² /kk	1 020 €/kk +3,9 %	1 169 €/kk +5,0 %	1 913 €/kk +5,4 %
25 v takaisinmaksu + 1,42 €/m ² /kk	1 034 €/kk +5,3 %	1 189 €/kk +6,8 %	1 949 €/kk +7,4 %

8.6.4 Diskonttokoron vaikutus elinkaarikustannuksiin

Seuraavat kuvaajat kuvaavat diskonttokorkokertoimen muutoksen vaikutusta pitkän aikavälin tuloksiin. Aiemmin esitetylle 3,0 prosentin reaaliselle diskonttokorolle on esitetty vaihtoehtoiset kustannusennusteet 1,5 ja 5,0 prosentin reaalisilla diskonttokoroilla. Tuloksista voidaan todeta, että mitä suurempi laskennassa käytettävä diskonttokorko on, sitä vähäisempi merkitys tulevaisuuden lisäkustannuksilla tarkastelussa on. Tavanomaista pienemmällä 1,5 prosentin diskonttokorolla BAU-mallin ja EKO-mallin elinkaarikustannusten ero 100 vuoden käyttöiällä on 200 vuoden tarkastelujakson lopussa 2 197 t€, kun suuremmalla 5,0 prosentin diskonttokorolla samainen ero on vain 110 t€ (kuvat 152 ja 153). Luvuissa 8.4.1–8.4.3 käytetyllä tavanomaisella 3,0 prosentin diskonttokorolla ero mallien välillä on 733 t€ (kuva 140). Tuloksista voidaan todeta, että mitä pienempi arvo tulevaisuudessa tapahtuville kustannuksille annetaan nykyhetken päätöksenteossa (suurempi diskonttokorko), sitä merkityksettömämmäksi pidemmän aikavälin tarkastelu muuttuu.



Kuva 152. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset 1,5 prosentin reaalisella diskonttokorolla 200 vuoden tarkastelujaksolla. Purkavien uudisrakentamisten on oletettu tapahtuvan 100 vuoden kohdalla. Tulevaisuuteen sijoittuvien kustannusten merkitys korostuu tavanomaista pienemmällä diskonttokorolla.

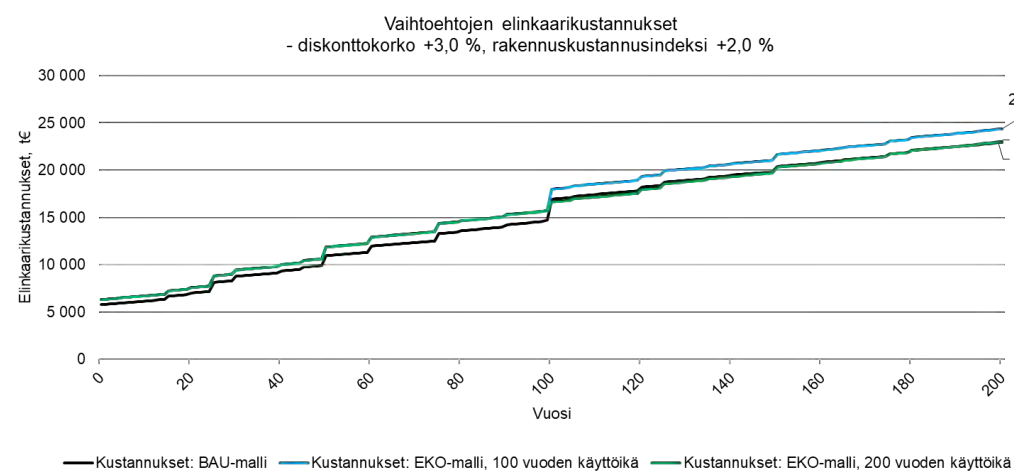


Kuva 153. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset 5,0 prosentin reaalisella diskonttokorolla 200 vuoden tarkastelujaksolla. Purkavien uudisrakentamisten on oletettu tapahtuvan 100 vuoden kohdalla. Tulevaisuuteen sijoittuvien kustannusten merkitys pienenee tavanomaista suuremmalla diskonttokorolla.

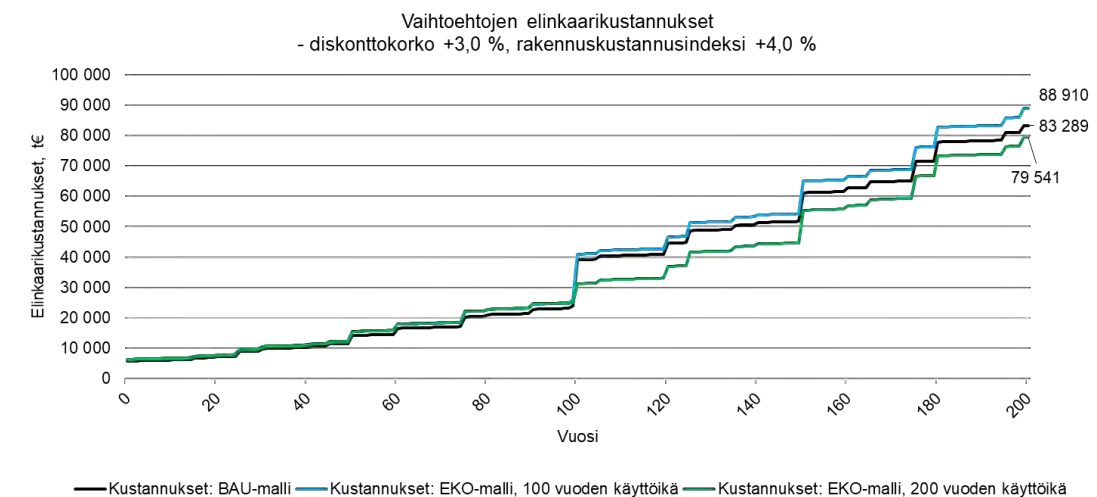
8.6.5 Rakennuskustannusindeksin vaikutus elinkaarikustannuksiin

Alla esitetään rakennuskustannusindeksin muutoksen vaikutus elinkaarikustannuksiin. Kustannusvaikutusten herkkyystarkastelussa tarkasteltiin rakennuskustannusindeksin muutosta 2,0 prosentin vuotuisella kasvulla sekä 4,0 prosentin vuotuisella kasvulla. Kustannusennusteissa huomioitiin 3,0 prosentin diskonttokorko.

Herkkyystarkastelun tulokset korostavat herkkyystarkastelun tärkeyttä päätöksenteon tukena. Kahden prosenttiyksikön muutos oletetussa rakennuskustannusindeksin keskimääräisessä vuotuisessa muutoksessa kasvattaa 200 vuoden tarkastelujaksolla elinkaarikustannusten lopputulosta noin 3,5-kertaiseksi (kuvat 154 ja 155). Erilaisten kustannusennusteiden hyödyntäminen laskennassa antaa elinkaaren kustannuksista yksittäisen tuloksen sijasta sarjan tuloksia, joilla voidaan arvioida päätöksenteon riskejä ja epävarmuuksia sekä tunnistaa kustannuksiin vaikuttavien tekijöiden merkitys pitkällä aikavälillä.



Kuva 154. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset 3,0 prosentin diskonttokorolla ja rakennuskustannusindeksin 2,0 prosentin vuotuisella kasvulla 200 vuoden tarkastelujaksolla. Purkavien uudisrakentamisten on oletettu tapahtuvan 100 vuoden kohdalla.



Kuva 155. Vaihtoehtojen kumulatiiviset elinkaarikustannukset 3,0 prosentin diskonttokorolla ja rakennuskustannusindeksin 4,0 prosentin vuotuisella kasvulla 200 vuoden tarkastelujaksolla. Purkavien uudisrakentamisten on oletettu tapahtuvan 100 vuoden kohdalla. Suurempi rakennuskustannusindeksin kasvuolettama korostaa rakennusten tulevaisuudessa tapahtuvia korjaus- ja rakennustoimenpiteitä.

8.7 Elinkaarilaskentaa täydentävä muutostarkastelu

Elinkaarilaskentaa täydentävän muutostarkastelun avulla arvioitiin hankekohtaisesti valittuja elinkaaren aikaisia ja oletettuja muutos- ja korjaustarpeita sekä visuaalisesti että määrällisin ja laadullisin menetelmin. Seuraavat aukeamat esittävät esimerkkejä elinkaarilaskentaa täydentävästä muutostarkastelusta EKAT-hankkeessa tarkastellulle kuvitteelliselle EKO-asuinkerrostalokohteelle. Esimerkeissä käsitellään valittuja korjaus- ja muutostarpeita: vesivahinkokorjaukset, ikkunoiden vesivauriokorjaukset, huoneistoja-kauman ja huoneistojen sisäisen tilajärjestyksen muutos sekä rakennuksen purku ja uudelleenkäyttö. Esimerkit toimivat inspiraationa sille, miten muutostarkastelua voi toteuttaa rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa suunnittelun ja päätöksenteon tukena.

Muutostarkasteluissa on tiiviisti koottu kuhunkin muutostarpeeseen esitetty ratkaisu, laskennan oletukset, arvioitu toteutumissykli sekä keskeisimmät määrälliset ja laadulliset tulokset. Tulokset on esitetty avainlukujen ja kumulatiivisten elinkaarikustannus- ja päästökuvaajien muodossa, joiden avulla voidaan havainnollistaa ratkaisujen lisäkustannuksia ja potentiaalista takaisinmaksuaikaa verrattuna BAU-malliin. Täydentävillä muutostarkasteluilla voidaan havainnollistaa eri elinkaariominaisuuksien huomioinnilla saavutettavia hyötyjä sekä kustannus- ja päästövaikutuksia.

Elinkaarikustannukset ja -päästöt on tarkasteltu muutostarpeittain valitulla aikajaksolla, jotta voidaan osoittaa elinkaariominaisuuksien huomioinnin tuottamat hyödyt eri aikajän-teillä. Ratkaisujen laadullisia ominaisuuksia on arvioitu myös SWOT-analyysin avulla (vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet, uhat), joka auttaa jäsentämään ratkaisun laadullisia ominaisuuksia, kuten käyttöarvon muutosta, jotka jäävät määrällisissä kustannus- ja elinkaaritarkasteluissa huomiotta. SWOT-analyysin avulla voidaan lisäksi tunnistaa kustannus- ja päästölaskennan ulkopuolelle jääviä laadullisia vaikutuksia, kuten vesivahinkojen aiheuttamia asumishaittoja.

Eriytetyssä tarkastelussa yksittäiselle korjaus- tai muutostarpeelle voidaan laatia eri tarkastelujaksoja. Esimerkkinä laadituissa muutostarkasteluissa herkkyystarkastelua toteutettiin vain vesivahinkokorjausten korjaustarpeen esiintymistiheyden osalta. Kokonaisvaltaisessa muutostarkastelussa on kuitenkin syytä tehdä herkkyystarkastelua myös muille tarkastelun muuttujille, kuten muutostarpeen aiheuttamille kustannuksille ja kustannuskehityssennusteil-le. Vastaavasti rakennushankkeelle toteutettavassa laajemmassa muutostarkastelussa joustavuuden ominaisuuksien arviointiin laaditun muutostarkastelun herkkyystarkastelussa olisi mahdollista laatia erilaisia vaihtoehtoisia skenaarioita muutostarpeiden esiintymistiheydestä ja muutoksista aiheutuvien kustannusten laajuudesta.

8.7.1 Elinkaareen kohdistuva korjaustarve: Vesivahinko leviää kahteen asuntoon

RATKAISUT EKO-MALLISSA

Lattia-seinäliittymien tiivistykset

- Lattia-seinäliittymien tiivistysratkaisuilla estetään vahinkojen leviäminen asunnosta toiseen

Helposti saavutettava talotekniikka ja parempi havainnointi

- Vuodonilmaisimet ja talotekniikan pinta-asennukset nopeuttavat reagointia mahdollisiin vuotoihin

OLETUKSET

Vaihtoehtoiset toteutumissyklit

- Yksi vesivahinko 20 vuoden välein koko rakennuksessa
- Yksi vesivahinko 15 vuoden välein koko rakennuksessa

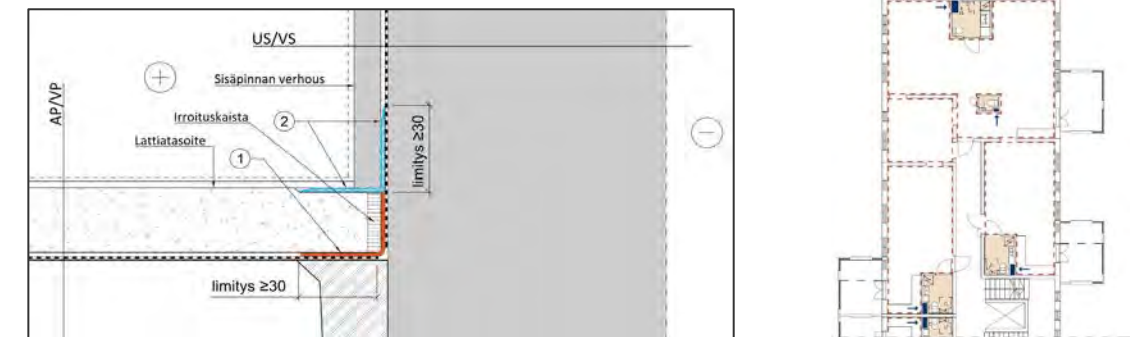
Vaikutukset per vesivahinko

- BAU : Vaurioita 2 asuntoon
- EKO: Vaurioita 1 asunnossa

Lisäinvestoinnit EKO vs. BAU

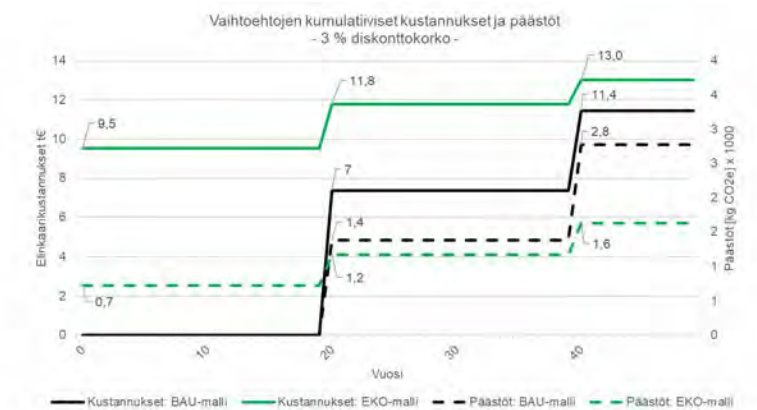
- Lattia-seinäliittymien tiivistykset asunnoissa koko rakennuksen osalta.

VAHVUUDET JA MAHDOLLISUUDET	HEIKKOUEDET JA UHAT
- Vikaantumisiin varautuminen - Vähentää vesivahinkojen laajuutta - Vesivahinkokorjauksista pienemmät asumishaitat - Pienemmät elinkaaren aikaiset päästöt	- Alkuinvestoinnin suuremmat materiaali- ja työkustannukset - Tarpeeton investointi

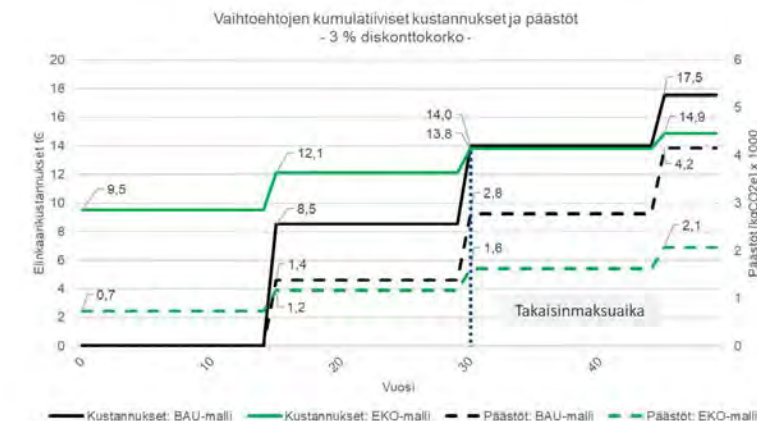


Kuva 156. Lattia-seinäliittymien tiivistykset.

Kuva 157. Elinkaaren kumulatiiviset kustannukset ja päästöt, oletuksena vesivahinko 20 vuoden välein koko rakennuksessa.



Kuva 158. Elinkaaren kumulatiiviset kustannukset ja päästöt, oletuksena vesivahinko 15 vuoden välein koko rakennuksessa.



Taulukko 16. Korjaus- ja muutostarpeen elinkaarilaskennan tulokset.

Malli	Investointi-kustannukset	Vahinkokulut, nykyarvo	Elinkaarikustannukset, 50 vuotta, 3 % diskontto	Hiilijalanjälki, 50 vuotta
Vesivahinko 20 vuoden välein koko rakennuksessa				
BAU	-	13,3 t€	11,4 t€	2,8 t CO2e
EKO	9,5 t€	4,1 t€	13,0 t€	1,6 t CO2e
Vesivahinko 15 vuoden välein koko rakennuksessa				
BAU	-	13,3 t€	17,5 t€	4,2 t CO2e
EKO	9,5 t€	4,1 t€	14,9 t€	2,1 t CO2e

8.7.2 Elinkaareen kohdistuva korjaustarve: Ikkunoiden vesivauriot

RATKAISUT EKO-MALLISSA

Ikkunaliittymien tiivistäminen sisä- ja ulkopinnoilla

- Ikkunoiden vesivaurioita ehkäistään ikkunaliittymien lisätiivistyksillä (butyylinauhat)

OLETUKSET

Toteutumissykli

- Vesivaurioriski 5 % ikkunoista, korjaukset/uusimiset 20 vuoden välein

Vaikutukset

- BAU: Ikkunoista 5 % uusitaan 20 vuoden välein
- EKO: Ei ennen aikaista korjaus-/uusimistarvetta vesivaurioiden vuoksi

Lisäinvestoinnit EKO vs. BAU

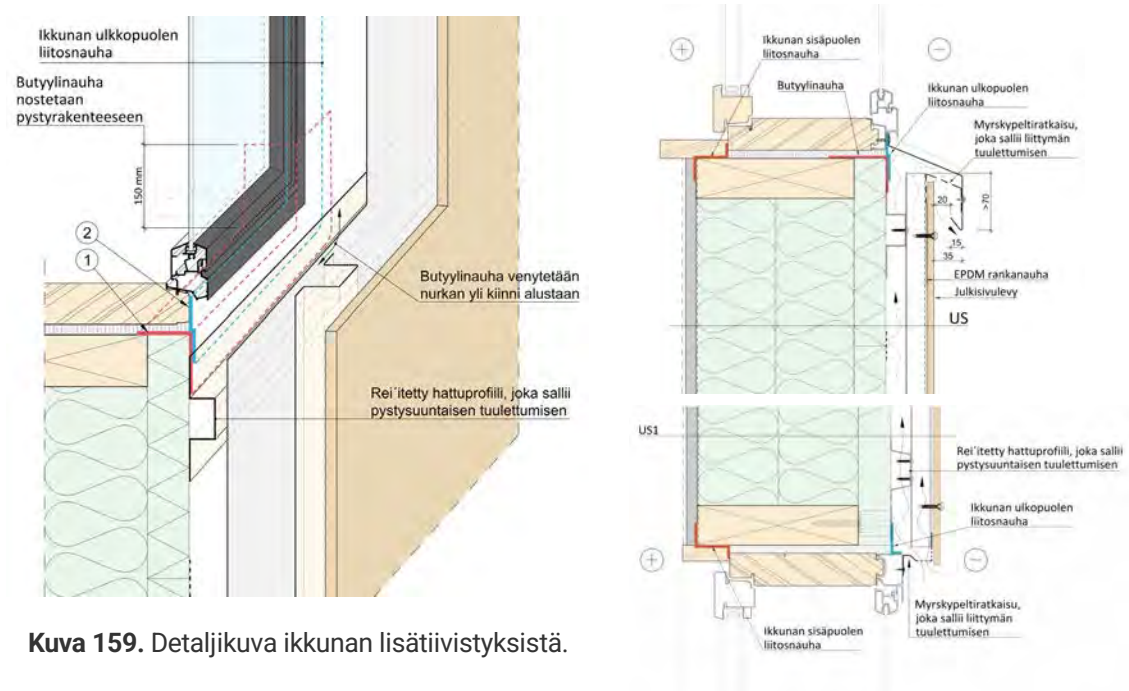
- Ikkunaliittymien tiivistäminen

VAHVUDET JA MAHDOLLISUUDET

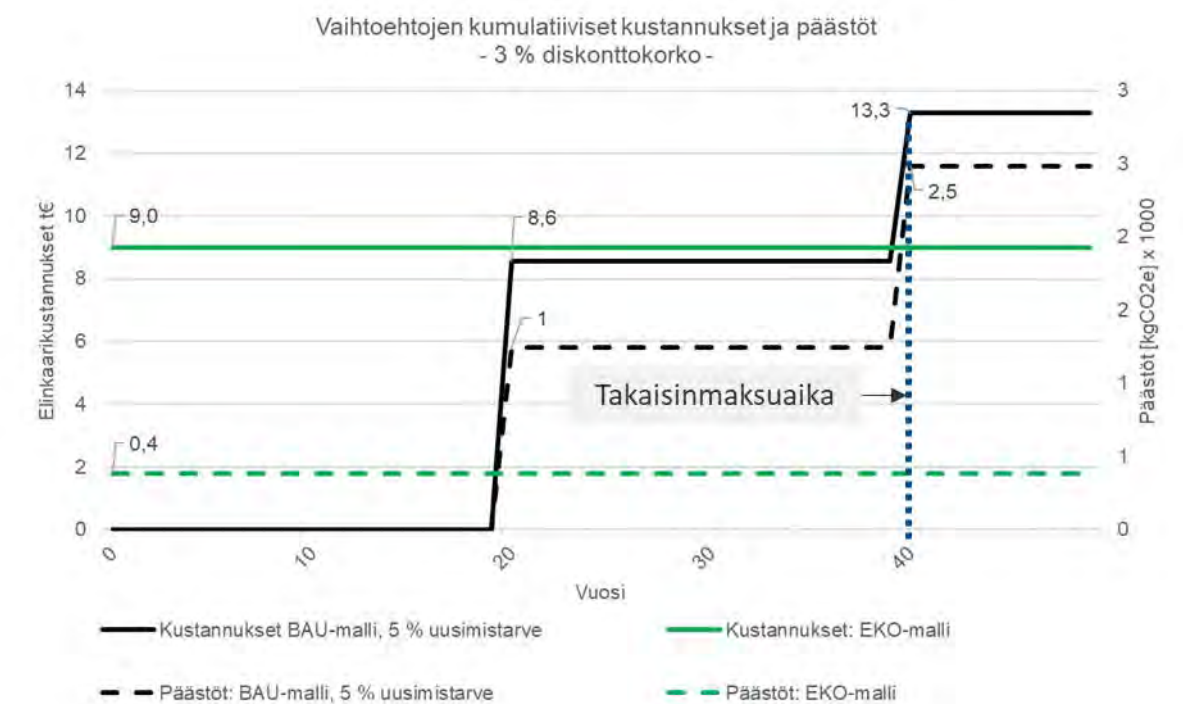
- Vikaantumisiin varautuminen
- Pienentää ikkunoiden vesivaurioriskiä
- Ei asumishaittaa ylimääräisistä ikkunakorjauksista
- Pienemmät elinkaaren aikaiset päästöt
- Pienemmät elinkaaren aikaiset kustannukset

HEIKKOUEDET JA UHAT

- Alkuinvestoinnin suuremmat materiaali- ja työkustannukset
- Tarpeeton investointi



Kuva 159. Detaljikuva ikkunan lisätiivistyksistä.



Kuva 160. Elinkaaren kumulatiiviset kustannukset ja päästöt, oletuksena BAU-mallissa korjaukset / uusimiset 5 % ikkunoista 20 vuoden välein koko rakennuksessa.

Taulukko 17. Korjaus- ja muutostarpeen elinkaarilaskennan tulokset

Malli	Investointi-kustannukset	Vahinkokulut, nykyarvo	Elinkaarikustannukset, 50 vuotta, 3 % diskontto	Hiilijalanjälki, 50 vuotta
BAU	-	15 t€	13,3 t€	2,5 t CO2e
EKO	9,0 t€	-	9,0 t€	0,4 t CO2e

8.7.3 Elinkaareen kohdistuva muutostarve: Huonemäärien ja huoneistokokojen tarve muuttuu

RATKAISUT EKO-MALLISSA

Joustavat pohjaratkaisut, muutosvalmiuden huomiointi rakenteissa ja talotekniikassa

- Suunnittelussa on huomioitu tavoitellut muuntovaihtoehdot. Rakenteet ja LVISA-järjestelmät on sovitettu tukemaan tavoiteltuja muuntovaihtoehtoja: esim. sähköasennuksissa huomioidaan muunneltavuus (alakattorakenne, sähköjalkalistat), huoneistokohtainen IV-järjestelmä kanava- ja päätelaitevarauksilla.

OLETUKSET

Toteutumissykli

- Huoneistojakauman muutos: 1 muutos / 50 vuotta / kerroslamelli
- Huoneiston sisäinen tilajärjestyksen muutos: 1 muutos / 50 vuotta / kerroslamelli

Vaikutukset

- BAU: ei huomioitu joustavuusominaisuuksia, rakennus puretaan 50 tai 100 vuoden jälkeen
- EKO: joustavalla suunnittelulla pidempi elinkaari, rakennusta ei pureta 200 vuoden aikana

Lisäinvestoinnit EKO vs. BAU

- Suunnittelun lisäkustannukset
- Tilamuutoksiin liittyvät purku- ja rakennuskustannukset

VAHVUUDET JA MAHDOLLISUUDET

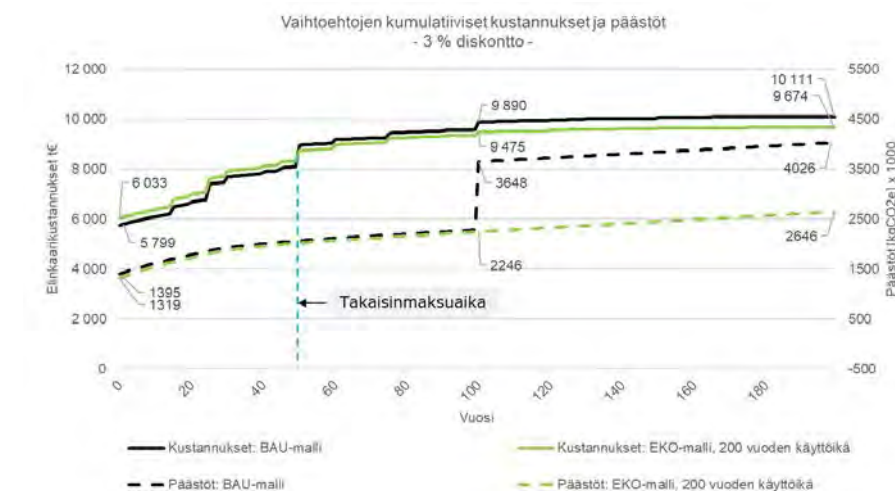
- Joustavuus pidentää rakennuksen elinkaarta, sillä rakennusta voidaan hallitusti muuntaa suhteessa muuttuvaan asuntokysyntään
- Joustavuus ylläpitää kohteen haluttavuutta markkinoilla: kilpailukykyhyötyjä rakennuksen omistajalle
- Tilojen muunneltavuus mahdollistaa erilaisten ja eri-ikäisten asukasryhmien palvelemisen kysynnän vaihdellessa.

HEIKKOUEDET JA UHAT

- Suurempi alkuinvestointi: lisäsuunnittelu- ja työkustannukset
- Tarpeeton, jos eri asukkaiden tai asukassukupolvien asumistarpeet ja toiveet eivät eroa toisistaan
- Tarpeeton, jos rakennus joudutaan purkamaan ulkoisten tekijöiden, kuten kaavamuutosten tai maankäytön tarpeiden, vuoksi



Kuva 161. Esimerkkejä tilamuutoksista.



Kuva 162. Elinkaaren kumulatiiviset kustannukset ja päästöt. Oletuksena on, että joustavuuteen tehdyillä panostuksilla EKO-mallin elinkaarta voidaan pidentää.

Taulukko 18. Korjaus- ja muutostarpeen elinkaarilaskennan tulokset.

Malli	Investointi-kustannukset	Elinkaarikustannukset, 200 vuotta, 3 % diskonto	Hiilijalanjälki, 50 vuotta	Hiilijalanjälki, 200 vuotta
BAU	5 761 t€	10 111 t€	12,35 kg CO ₂ e/m ² /a	6,19 kg CO ₂ e/m ² /a
EKO	6 033 t€	9 674 t€	11,50 kg CO ₂ e/m ² /a	4,01 kg CO ₂ e/m ² /a

8.7.4 Elinkaareen kohdistuva muutostarve: Purkava uudisrakentaminen

RATKAISUT EKO-MALLISSA

DfD-periaatteiden mukainen rakentaminen

- Tässä kohteessa DfD periaatteiden soveltamisen tavoitteena on lisätä rakennuksen kantavan rungon uudelleenkäytön todennäköisyyttä, sivulla 140–147 esitelyjen suunnitteluratkaisujen avulla. Suunnitteluratkaisut pyrkivät lisäämään uudelleenkäytön todennäköisyyttä mahdollistamalla kustannustehokas irrotus ja parantamalla sen myöhemmän käyttökohteen löytymisen edellytyksiä. Kantavan rungon saavutettavuuden parantamiseksi, irrottamista helpottavia ratkaisuja sovelletaan myös sellaisiin rakenteisiin joita ei lähtökohtaisesti ajatella uudelleenkäytettäväksi.

OLETUKSET

Toteutumissykli

- Purkava uudisrakennus 50 vuoden päästä

Vaikutukset

- BAU: rakennuksen murskaava purku, uusi rakennus kokonaan uusista rakennusosista ja -materiaaleista
- EKO: rakennus puretaan ehjänä ja rungon betonielementit uudelleenkäytetään

Lisäinvestoinnit EKO vs. BAU

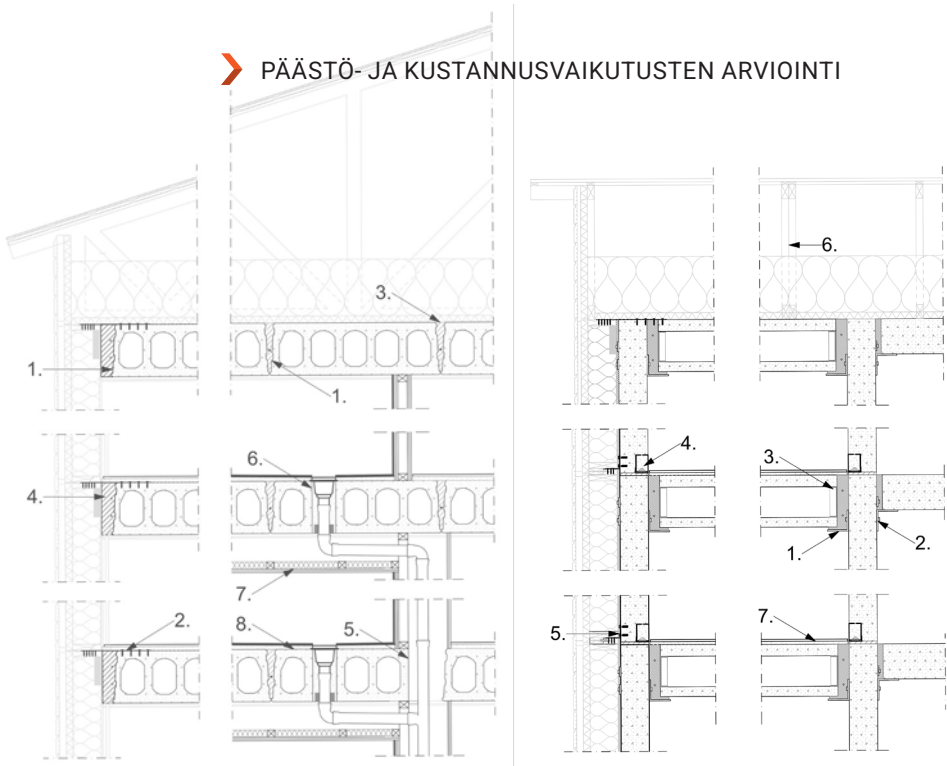
- Suunnittelun lisäkustannukset
- Ehjänä purkamisen lisäkustannukset
- Uudelleenkäytön kelpoisuuden ja soveltuvuuden todentaminen

VAHVUUDET JA MAHDOLLISUUDET

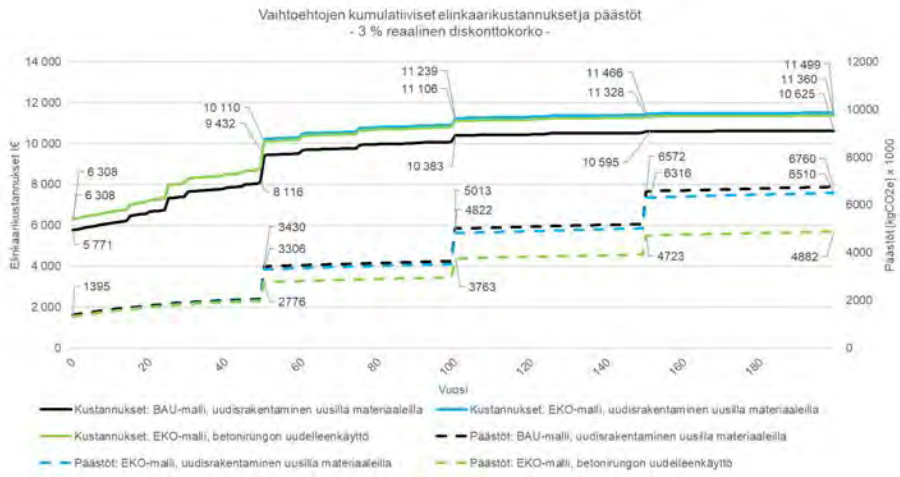
- Mikäli rakennukseen kohdistuu tarvetta purkaa, toteutetut ratkaisut mahdollistavat rakennusosien purkamisen ehjänä, ja osien uudelleenkäytön

HEIKKOUEDET JA UHAT

- Suurempi alkuinvestointi: lisäsuunnittelu- ja työ kustannukset
- Suuremmat purkukustannukset: ehjänä purku vs. rikkova purku
- Hyödyiltä vähäinen, mikäli rakennukseen ei kohdistu ulkoista tarvetta purkaa



Kuva 163. Esimerkkejä purettavaksi suunnittelun liitosratkaisuista.



Kuva 164. Elinkaaren kumulatiiviset kustannukset ja päästöt. Oletuksena on, että rakennuksen purkava uudisrakentaminen tapahtuu 50 vuoden välein. BAU-mallin sekä EKO-mallin purkava uudisrakentaminen on esitetty toteutettavan uusilla materiaaleilla. Lisäksi EKO-mallista esitetty vaihtoehto, jossa betonirunko uudelleenkäytetään.

Taulukko 19. Elinkaarilaskennan tulokset.

Malli	Ensi-rakentaminen, kustannukset	Seuraavat rakentamiskerrat, investointi	Elinkaarikustannukset, 200 vuotta, 3 % diskonto	Hiilijalanjälki, 200 vuotta
BAU	5 771 t€	5 771 t€	10 625 t€	6 760 kg CO2e
EKO	6 308 t€	6 308 t€	11 499 t€	6 510 kg CO2e
EKO, uudelleenkäyttö	6 308 t€	5 690 t€	11 360 t€	4 882 kg CO2e

9

Yhteenvetoa ja johtopäätöksiä

Sini Saarimaa, Arto Toorikka, Katja Tähtinen,
Mikko Koskivuori, Joakim Suvanto, Timo Heikkilä,
Tuomo Joensuu, Arto Saari, Leif Lindegren

Elinkaariominaisuuksien arviointi ja toteuttaminen talonrakennushankkeessa -työssä koottiin ja jäsennettiin hajallaan ollutta tietoa rakennuksen elinkaariominaisuuksista ja sovellettiin tietoa konkreettisesti kuvitteellisen asuinkerrostalohankkeen avulla. Tämä lähestymistapa mahdollisti elinkaariominaisuuksien tarkastelun käytännönläheisesti asuinkerrostalohankkeen suunnittelussa ja toteutuksessa sekä loi tilaisuuden asiantuntijoiden osallistamiselle.

Asiantuntijoiden ja sidosryhmien aktiivinen vuorovaikutus muodostui työn keskeiseksi voimavaraksi: se rikasti hankkeen näkökulmia, auttoi tunnistamaan eri osapuolten käytännön tarpeita ja loi perustaa laajemmalle keskustelulle elinkaariominaisuuksien merkityksestä suomalaisessa asuntorakentamisessa. Näin työ toimi paitsi tiedon kokoajana myös tutkimuksen ja käytännön toimijoiden välisen vuoropuhelun vahvistajana.

Hankkeen painotus elinkaariominaisuuksiin asuinkerrostalojen kontekstissa (ks. luku 2.1) tekee tulosjulkaisusta erityisen hyödyllisen toimijoille, jotka vastaavat vuokra- ja asumisoikeusasuntojen rakennuttamisesta, suunnittelusta ja ylläpidosta. Työ oli kuitenkin luonteeltaan uutta luotaavaa ja kokeilevaa, minkä vuoksi tulokset eivät ole välttämättä skaalattavissa ja yleistettävissä kaikkiin asuinkerrostalohankkeisiin. Työn tulosten rajoituksia tuodaan lisää esiin luvussa 9.5 sekä luvussa 9.2 siltä osin kuin tulosten rajoitukset liittyvät myös laajempiin johtopäätöksiin.

Seuraavaksi nostetaan esiin neljä johtopäätösaihetta, jotka kokoavat yhteen työn keskeiset havainnot ja suositukset. Johtopäätösaiheet ovat seuraavat:

9.1 Tiedon puute estää elinkaariominaisuuksien toteuttamista ja skenaarioiden edistämistä

9.2 Elinkaariominaisuuksien päästö- ja kustannusvaikutusten arviointi edellyttää rakennushankekohtaisesti määriteltyjä skenaarioita

9.3 Elinkaariominaisuuksien huomiointia on edistettävä yhdessä ja yhteistyössä

9.4 Tarvitaan laajemmin standardoitua rakentamistapaa

9.1 Tiedon puute estää elinkaari-ominaisuuksien toteuttamista ja skenaarioiden edistämistä

Koska rakennettu ympäristö ja sen toimintaympäristö muuttuvat jatkuvasti, rakennukset on suunniteltava pitkäikäisiksi mutta samalla muutosta mahdollistaviksi (ks. luku 1.2). Elinkaariominaisuuksien suunnittelussa ja arvioinnissa on keskeistä ymmärtää tätä muutosta ja ennakoida sen vaikutuksia. Rakennushankkeissa tehtävän päätöksenteon tueksi ja perustaksi tarvitaan skenaarioita, jotka pohjautuvat oletuksiin rakennusten käyttöiästä ja korjaus- ja muutostarpeista sekä tyypillisimmistä vikaantumistilanteista ja niiden todennäköisyyksistä.

Rakennuskohdekohtaista skenaariotyötä voivatkin tukea laajempaan tietoon pohjautuvat esimerkkiskenaariot tai niiden rakentamiseen ohjaavat työkalut, joko rakennustyypeittäin tai -salkuittain esitettynä. Tällaisia esimerkkiskenaarioita tai työkaluja ei ole vielä saatavilla, ja niitä tulisi jatkossa kehittää. Kohdekohtaisessa tarkastelussa on aina tarkoituksenmukaista arvioida useita vaihtoehtoisia skenaarioita. Tietoon pohjautuvat esimerkkiskenaariot tai niiden laadintaa tukevat työkalut voivat parhaimmillaan tarjota rakennukselle erilaisia, perusteltuja tulevaisuusvaihtoehtoja, joita voidaan hyödyntää päätöksenteon tukena.

Se, ettei skenaarioiden pohjaksi vielä ole luotettavaa tietoa, korostaa tarvetta olemassa olevaa rakennuskantaa tarkastelevalla tutkimukselle, jonka avulla saadaan tietoa erilaisten kohteiden muutostarpeista ja niiden yleisyydestä. Joustavuuden ja säilyvyyden näkökulmasta on tarpeen tunnistaa ne tila- ja rakennesuunnittelun ratkaisut, jotka parhaiten edistävät rakennuksen pitkää elinkaarta. Purettavaksi ja uudelleenkäyttäväksi suunnittelussa tarvitaan luotettavaa tietoa esimerkiksi rakennusosien irrottamisen ja purkamisen esteistä nykyisessä rakennuskannassa. Tieto mahdollistaisi realistisempien skenaarioiden laadinnan rakennuskohdekohtaisesti ja tukisi rakentamiseen ja sen kehittämiseen liittyvää päätöksentekoa.

Samalla on kuitenkin syytä muistaa, että tieto vaatii aina tulkintaa, sillä historia ei koskaan ennusta tulevaisuutta sellaisenaan. Siksi tutkimuksen tuottamaa tietoa ja tilastoja on tarkasteltava kriittisesti ja ne on aina suhteutettava kontekstiinsa. Rakentamisen ja rakennusten käytön vaatimukset sekä ympäristöolosuhteet ovat kehittyneet ja todennäköisesti jatkavat kehittymistään merkittävästi. Tästä syystä rakennuskohtaisia skenaarioita ja niihin liittyvää tietoa tarkasteltaessa tulisi arvioida myös tulevaisuuden muutoksia. Esimerkiksi ilmastomuutos ja kosteusteknisesti aiempaa vikasietoisemmat ratkaisut voivat vaikuttaa rakennuksen ja sen osien pitkäikäisyyteen sellaisilla tavoilla, joita historiakontekstissa ei kyetä tunnistamaan. Niin ikään rakennusten tulevaa käyttöä ei voida täysin ennustaa.

Toimenpide-ehdotus

Käynnistetään selvitys, jossa

- kartoitetaan, mitä tietoa on jo olemassa rakennusten muutostarpeista sekä korjaus- ja vikaantumistilanteista ja niiden yleisyydestä sekä laajuudesta eri rakennus- ja käyttötyypeissä.
- arvioidaan, miten väestön ennakoitu kehitys vaikuttaa alueellisesti erilaisten rakennus- ja tilatyyppeiden kysyntään ja sitä kautta rakennusten toiminnallisiin muutostarpeisiin.
- tunnistetaan, mistä lähteistä näihin liittyvää luotettavaa tietoa voidaan kerätä ja millä menetelmillä.
- selvitetään, miten tätä tietoa voidaan analysoida ja hyödyntää rakennushankkeiden skenaariotyön ja päätöksenteon tukena Suomessa.

Selvityksen tavoitteena on tunnistaa olemassa olevat tiedot sekä niiden hyödynnettävyyden mahdollisuudet ja puutteet ja määrittää, millaista lisätietoa tarvitaan realististen kohdekohtaisten elinkaariskenaarioiden laatimiseen.

Lisäksi on syytä kerätä empiiristä tietoa rakennuksen pitkäikäisyyttä parhaiten tukevista suunnitteluratkaisuista ja -malleista sekä rakennusosien irrottamisen ja purkamisen esteistä.

9.2 Elinkaariominaisuuksien päästö- ja kustannusvaikutusten arviointi vaatii rakennushankekohtaisesti määriteltyjä skenaarioita

Elinkaariominaisuuksien, säilyvyyden, joustavuuden ja uudelleenkäytettävyyden, kustannus- ja päästövaikutusten arviointi ei nykyisellä vakiintuneella vakiodulla laskentatavalla ole mahdollista, kun vakiintuneella tavalla viitataan ympäristöministeriön asetukseen 1027/2024 perustuvaan laskentamalliin eli niin sanottuun ympäristöministeriön menetelmään. Tämä johtuu pääosin siitä, että vakiintunut tapa on kehitetty vertailukelpoisen verrattain lyhyen aikavälin päästövaikutusten arviointiin, sekä siitä, ettei saatavilla ole yleisesti hyväksyttyjä ja luotettavia tai muutoin yhteismitallistettuja skenaarioita esimerkiksi rakennusten odottamattomien korjausten sisällöille (ks. luku 9.1).

Jotta elinkaariominaisuuksien kustannus- ja päästövaikutuksia voidaan arvioida, tulisi niiden osalta elinkaarilaskennan lähtökohdat määritellä siten, että ominaisuuksien vaikutukset kokonaisuuteen saataisiin näkyviin. Tarkastelujakson pituuden ja elinkaareen sisältyvien rajoitusten määrittelyssä on olennaista arvioida, missä määrin laskenta kykenee huomioimaan säilyvyyden, joustavuuden ja uudelleenkäytettävyyden vaikutukset rakennuksen kokonaiskustannuksiin ja ympäristövaikutuksiin. Näiden huomioimiselle elinkaarilaskennassa ei nykyisellään ole olemassa vakiintuneita käytäntöjä.

Elinkaariominaisuuksien huomioiminen vaatii siis tällä hetkellä rakennushankekohtaisesti määriteltäviä skenaarioita. Näiden avulla on mahdollista arvioida rakennushankkeeseen suunniteltavia elinkaariominaisuuksia parantavia toimenpiteitä rakennushankkeen sisällä, sillä lähtökohdat laskennalle on määriteltäviä juuri kyseisen kohteen näkökulmasta. Tällaisen laskennan pohjalta saadut tulokset eivät sovellu yleiseen eri rakennushankkeiden väliseen vertailuun. Tulokset kuitenkin tukevat kokonaisvaltaisempaa rakennushankekohtaista arviointia tilanteissa, joissa tavoitteena on pidentää rakennuksen käyttöikää ja varmistaa sen osien ja materiaalien hyödynnettävyys myös elinkaaren loppuvaiheessa ja purkutilanteessa.

Edellä esitetty vertailtavuuden puute korostuu myös EKAT-hankkeessa tehdyn tarkastelun kohdalla, sillä hankkeessa tehtyihin elinkaarilaskentoihin liittyy erityisesti hankekohtaisissa skenaariomalleissa huomattavia laskentateknisiä epävarmuuksia 200 vuoden tarkastelujaksolla. Päästöjen suhteen ei ole olemassa luotettavia skenaarioita rakennusmateriaalien tai rakentamisen päästökerojen tulevaisuuden muutoksille, eikä näitä muutoksia ole mahdollista arvioida luotettavasti nykyisin saatavilla olevan tiedon pohjalta. Materiaalien ja rakentamisen aiheuttamille päästöille käytettiin tässä hankkeessa nykyhetken päästökertoimia. Energiantuotannon aiheuttamille päästöille on olemassa kansalliset päästöskenaariot, ja tässä hankkeessa käytettiin niitä. Kustannuslaskennan epävarmuudet liittyvät rahan nykyarvon määrittelyyn eli valittuun diskonttokorkoon sekä rakentamisen kustannusten tulevaisuuden muutoksiin eli rakennuskustannusindeksin muutosten arvioimiseen.

Tämän takia tässä tulosjulkaisussa esitettyjen laskentojen tuloksien pohjalta ei voida tehdä yleistettäviä johtopäätöksiä yksittäisten elinkaariominaisuuksien päästö- ja kustannusvaikutuksista eikä esimerkiksi arvioida yksittäisiin elinkaariominaisuuksiin panostamisen takaisinmaksuaikoja yleisellä tasolla. EKAT-hankkeen laskentatulokset ovat vertailukelpoisia ainoastaan EKAT-hankkeessa esitettyjen asuinkerrostalojen eri vaihtoehtojen osalta ja juuri tässä hankkeessa tehtyjen oletusten pohjalta.

Laskentateknisiä epävarmuuksia aiheutuu myös kustannusennusteissa käytetystä yksinkertaistetusta laskentatavasta, jossa oletetuissa hintakehityksissä käytettiin koko tarkastelujaksolle kiinteää muutosprosenttia. Todellisuudessa tapahtuvat ennakoimattomat hintaheilahtelut tai muutokset hintojen kehityksessä eivät siksi näy laskelmissa. Erittäin pitkän aikavälin tarkasteluissa kiinteään vuotuisen hintakehitykseen sidottu tarkastelu

voi aiheuttaa tarkastelujakson lopulla hintakehityksen epärealistista kumuloitumista. Esimerkiksi BAU-mallin kumulatiivisissa elinkaarikustannuksissa 200 vuoden tarkastelujakson lopulla on noin 60 miljoonan euron eli noin 72 prosentin ero riippuen siitä, käytetäänkö kustannusennusteessa 2,0 prosentin vai 4,0 prosentin rakennuskustannusindeksin vuotuista muutosta huomioiden 3 prosentin diskonttokoron. Pitkän aikavälin kustannusennusteissa tehtyjen olettamien kumulatiivisia vaikutuksia ja lähtöoletuksia tulee arvioida ja tarkastella erityisellä tarkkuudella. Tulevaisuuden epävarmuuksien vuoksi eri skenaarioiden elinkaarilaskentojen tuloksiin tulee yleisesti suhtautua suuntaa antavina ja eri vaihtoehtojen eroja esiin tuovina lukuina.

Elinkaarilaskentaa täydentämään ja erillisinä korjaus- ja muutostarkasteluina voidaan tehdä yksittäisiä kustannuslisäyksiä, jolloin suunnitteluratkaisun kustannus- ja päästölaskennan tulokset voidaan esittää herkkystarkasteluineen ja laadullisine tarkasteluineen irrallaan muusta laskentakokonaisuudesta. Näin saavutetaan selkeämpi kuva yksittäisen suunnitteluratkaisun vaikutuksista ja mahdollisista hyödyistä elinkaarilaskennassa. EKAT-hankkeessa tätä menetelyä on sovellettu esimerkinomaisesti.

On olennaista tunnistaa, että pitkälle tulevaisuuteen ulottuviin ja tavanomaisesta rakentamisesta poikkeaviin ratkaisuihin sisältyy epävarmuustekijöitä. Näitä voivat olla esimerkiksi markkinoiden kehittymisen epälineaarisuus, materiaalien kysynnän vaihtelu sekä tulevien säädösten ja ohjauskeinojen ennakoimattomuus. Tutkimuksellisesti perusteltu lähestymistapa on hyödyntää herkkystarkasteluja, joiden avulla voidaan arvioida, miten eri skenaariot vaikuttavat ratkaisujen kestävyYTEEN ja kannattavuuteen pitkällä aikavälillä.

Elinkaarikustannuslaskennassa vakiintuneesti käytettyä diskonttausta ei käytetä päästölaskennassa. Rakentamisen nykyhetken hiilipiikkien vähentämiseksi olisi kuitenkin hyödyllistä, että diskonttaaminen päästölaskennassa kannustaisi huomioimaan investoinneissa syntyviä päästöjä. Lyhytaikaisten päästövähennysten tekeminen nykyhetkessä tulevaisuuden päästövaikutusten kustannuksella ei ole suositeltavaa. Ennusteiden epävarmuudet ja laajempaan tietoon pohjautuvien esimerkkiskenaarioiden puute (ks. luku 9.1) estävät sellaisen menetelmän esittämisen, jolla eri hankkeiden päästö- ja kustannusvaikutuksia voitaisiin vertailla luotettavasti raja-arvojen avulla. Tällaisen kansallisen menetelmän kehittäminen vaatisi kansallisesti määriteltäviä, luotettavia ja yhteismitallistettuja skenaarioita esimerkiksi yllättävistä korjaustarpeista tai joustavuuden vaikutuksesta käyttöasteeseen ja saatuihin vuokratuottoihin (ks. luku 9.1).

9.2.1 Elinkaariominaisuuksien suhde päästöihin

EKAT-hankkeen laskentatulosten pohjalta voidaan todeta, että elinkaariominaisuuksiin panostaminen itsessään ei merkittävästi kasvata tai pienennä rakentamisen hiilipiikkiä. Hankkeen tarkasteluissa elinkaariominaisuuksiin panostaminen pienensi rakentamisen hiilipiikkiä noin 5,5 prosenttia pääosin valittujen rakennusrungon suunnitteluratkaisujen ansiosta. Lisäksi voidaan todeta, että merkittävimmät päästöt syntyvät purkavan uudisrakentamisen yhteydessä. Päästöjä voidaan vähentää suunnittelemalla rakennukset purettavaksi, mutta parhaat tulokset saadaan välttämällä rakennuksen purkamista eli silloin, kun rakennus säilyy käytössä mahdollisimman pitkään. Tämä tarkoittaa sitä, että kokonaisvaltaisesti paras tapa vähentää rakennuksen elinkaari päästöjä on pidentää rakennuksen toteutuvaa käyttöikää huomioimalla säilyvyyden ja joustavuuden elinkaariominaisuuksia. Niiden avulla rakennusta on mahdollista käyttää tavanomaista pidempään muuttuvissa käytöissä ja olosuhteissa.

Nämä tulokset tukevat esimerkiksi Huuhkan ynnä muiden (2021) tutkimuksen johtopäätöstä, jonka mukaan se, että purkavan uudisrakentamisen päästöhyödyt toteutuvat mahdollisesti vasta pitkällä tulevaisuudessa, on ilmastonmuutoksen hillinnän ja torjunnan kannalta ongelmallista, koska päästöjä täytyisi vähentää voimakkaasti lähivuosina. On kuitenkin otettava huomioon, että EKAT-hankkeessa tarkastellun uudelleen käytettäväksi ja pitkäikäiseksi suunnitellun EKO-mallin tuote- ja rakentamisvaiheen päästöt ovat jo lähtökohtaisesti hieman pienemmät kuin BAU-mallin. Tällöin päästöjen näkökulmasta on hyödyllistä huomioida elinkaariominaisuudet, kun vertaillaan näitä kahta mallia.

Mikäli rakennus säilyvyyteen ja joustavuuteen panostamisesta huolimatta joudutaan purkamaan oletettua aikaisemmin, päästövaikutuksia laskettaessa korostuvat puolestaan purettavaksi suunnittelun hyödyt. Purettavaksi suunnittelun hyödyt ovat luonteeltaan optio, joka realisoituu silloin, kun rakennuksen elinkaari jääkin oletettua lyhyemmäksi. Tällöin purettaviksi suunnitellut rakennuksen osat voidaan käyttää uudelleen seuraavassa rakennuksessa. Purettavaksi suunnittelua voikin osaltaan verrata rakennuksen palontorjuntajärjestelmään: se on investointi tai panostus, jonka ominaisuuksia ei optimaalisessa tilanteessa tarvita, mutta ne voivat merkittävästi parantaa elinkaariominaisuuksia. On kuitenkin huomioitava, että tämän julkaisun tulokset eivät ole yleistettävissä kaikkiin rakennuskohteisiin, sillä analyysi perustuu kahden kuvitteellisen hankkeen vertailuun.

Vaikka tulosjulkaisussa on keskitytty EKAT-hankkeen rajausten mukaisesti asuinkerrostalon uudisrakentamisen kontekstiin (ks. luku 2.1), ovat tarkastellut elinkaariominaisuudet sovellettavissa myös korjausrakentamiseen. Uudisrakentamisessa on pidettävä mielessä, että vaikka elinkaariominaisuuksien huomioinnilla onkin mahdollista pienentää rakentamisen elinkaari päästöjä, oikein kohdistettu korjausrakentaminen on vähäpäästöisempää kuin uudisrakentaminen. Rakentamisen korkean hiilipiikin ja kiertotalouden hierarkian näkökulmasta korjausrakentaminen ja olemassa olevan rakennuksen elinkaaren pidentäminen on ensisijaista. Sen edellytyksenä on, että rakennuksen käyttö sen sijainnissa on tarkoituksenmukaista ja kannattavaa.

9.2.2 Elinkaariominaisuuksien suhde kustannuksiin

EKAT-hankkeessa tehdyssä tarkastelussa rakennuskustannukset kasvoivat noin 10 prosenttia rakennettavaa bruttopinta-alaa kohden, kun kohde suunniteltiin ja toteutettiin elinkaariominaisuuksia edistävästi. On kuitenkin mahdollista, että tulevaisuudessa elinkaariominaisuuksien laaja-alaisempi sisällyttäminen osaksi rakennushankkeita muuttuu käytännöksi, sillä esimerkiksi lainsäädännön, rakentamismääräysten ja hankintakriteerien kautta voidaan edellyttää kestävyys- ja kiertotaloustavoitteiden ja siten elinkaariominaisuuksien nykyistä laajempaa toteuttamista. Tällöin voi olla, että elinkaariominaisuuksiltaan heikommat rakennukset menettävät kilpailuasemansa suhteessa niihin kohteisiin, joiden elinkaariominaisuudet ovat paremmat. Yleisesti elinkaariominaisuuksien toteuttamisella varaudutaan tulevaisuuteen eli hallitaan taloudellisia riskejä ja pyritään parantamaan rakennuksen pitkän aikavälin kannattavuutta sen omistajille.

Toisaalta elinkaarilaskennassa käytettävä diskonttaus eli rahan aika-arvon huomioonotto pienentää tulevaisuuteen sijoittuvien kustannusten ja tulojen vaikutuksia elinkaaren kokonaiskustannuksiin. Tällöin nettonykyarvotarkastelussa diskonttatut kustannukset, jotka toteutuvat tulevaisuudessa, näyttäytyvät pienempinä. Siksi kaukana tulevaisuudessa saavutettavia elinkaariominaisuuksien kustannushyötyjä ei välttämättä pystytä perustelemaan taloudellisesti.

Toimenpide-ehdotus

Rakennusten elinkaaren pidentämistä tulisi suosia ensisijaisesti aina. Purkavaa uudisrakentamista on syytä välttää, sillä suurimmat päästöt syntyvät purkavan uudisrakentamisen yhteydessä. Siksi tulisi suosia enemmän korjausrakentamista.

Myös purettavaksi suunnittelu on hyvä varautumisstrategia. Purettavaksi suunnittelu on hyödyllinen optio ja mahdollistaa komponenttien uudelleen käytön, jos rakennuksen elinkaari jää lyhyeksi.

Elinkaari- ja kustannuslaskentaa on syytä kehittää. Tarvitaan menetelmiä, joilla pitkän aikavälin säästöjä ja päästövähennyksiä voidaan tuoda paremmin näkyviin päätöksenteossa.

9.3 Elinkaariominaisuuksien huomiointia on edistettävä yhdessä ja yhteistyössä

9.3.1 Elinkaariominaisuuksien huomiointi yhdessä

Elinkaariominaisuudet ovat keskeinen osa kiertotalouden edistämistä kiinteistö- ja rakentamisaikavälillä. Vaikka on selvää, että elinkaariominaisuuksien toteuttaminen on aina rakennushankekohtaista ja vaatii tapauskohtaista harkintaa, työn johtopäätöksenä voidaan todeta, että elinkaariominaisuudet ovat toteutettavissa yhdessä kohdekohtaisin kompromissein. Elinkaariominaisuuksien aiheet muodostavat monin osin keskinäisen synergiakokonaisuuden, jossa yhden ominaisuuden vahvistaminen tukee usein myös muita ominaisuuksia. Tästä esimerkki ovat purettavaksi suunnittelun riippumattomuus- ja saavutettavuusperiaatteet, jotka samalla edistävät rakenteiden korjattavuutta ja muunneltavuutta ja palvelevat siten rakennuksen säilyvyyden ja joustavuuden tavoitteita.

Säilyvyys on kiertotalousaiheiden perusta: jos rakennus ei ole teknisesti kestävä, ei sen joustava käyttö tai uudelleenkäyttö ole mahdollista. Purettavaksi suunnittelun turvallisuus ja rakennusosien käsittelyn mahdollistaminen edellyttävät, että rakenteet säilyttävät suorituskykynsä eivätkä pilaannu tai rikkoonnu käytön aikana tai irrottamisen ja siirtämisen yhteydessä. Riittävä säilyvyys takaa, että rakennuksen osien käyttöarvo säilyy sen purkamisen jälkeenkin. Purettavaksi suunnittelun edellyttämät rakenneratkaisut saattavat johtaa esimerkiksi vaurioitumisherkempien materiaalien käyttöön rakennuksen ulkovaipparakenteissa, jolloin suunnittelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota rakenteiden kosteustekniseen toimintaan, vikasietoisuuteen ja huollettavuuteen.

Joustavuus mahdollistaa rakennuksen käytön muutokset ilman laajoja purku- ja uusimistöitä. Tämä tukee myös säilyvyyttä erityisesti silloin, kun huomioidaan resurssiviisaat joustavuuden muodot. Tällöin elinkaaren aikaiset tilamuutokset voidaan toteuttaa ennakoidummin, jolloin vältetään ennen aikaisia rakenteellisia rasituksia tai teknisesti riskialttiita muutoksia. Joustavuuden huomioiminen jo suunnittelupöydällä siis mahdollistaa rakennuksen hallitun muutoksen ja vähentää elinkaarenaikaista riskiä muutoksista johtuviin vahinkoihin. Muutoksiin voidaan varautua muun muassa suosimalla sellaisia teknisiä ratkaisuja, joita ei tarvitse mukauttaa esimerkiksi tilamuutosten vuoksi tai jotka eivät ole alttiita rikkoutumaan lattioihin tai seiniin tehtävistä kiinnityksistä.

Elinkaariominaisuuksissa keskeinen tavoite on varautua suunnittelussa tulevaisuuden tapahtumiin siten, että rakennuksen tai sen osien käyttöikä olisi mahdollisimman pitkä. Esimerkiksi purettavaksi suunnittelussa ei ole tavoitteena se, että rakennuksista tehdään lyhytikäisiä, vaan se, että rakennusosat eivät menetä arvoaan tai päädy jätteeksi, jos

rakennus syystä tai toisesta joudutaan purkamaan. Todennäköisesti rakennuksen osiksi purkaminen ei ole murskaavaa purkua kustannustehokkaampaa tai niin paljon edullisempaa, että se kannustaisi rakennuksen purkamiseen kevein perustein. On kuitenkin otettava huomioon, että purettavaksi suunnitellun rakennuksen purkamisessa syntyy joka tapauksessa resurssihukkaa ja jätettä, joten se ei ole myöskään ympäristön kannalta suositeltavaa.

9.3.2 Elinkaariominaisuuksien huomiointi yhteistyöllä

EKAT-hanke toteutettiin monialaisessa yhteistyössä, jossa hyödynnettiin iteratiivista ja alan eri osapuolia osallistavaa ongelmanmäärittely- ja ratkaisuprosessia. Sekä hankkeessa tehdyn työn että käytännön asiantuntijoiden osallistamisen johtopäätöksenä voidaan todeta, että eri asiantuntijoiden tiiviimmälle yhteistyölle on tarve jotta elinkaariominaisuuksia voidaan edistää käytännön rakennushankkeissa.

Rakennusten säilyvyyden, joustavuuden ja uudelleenkäytettävyyden kannalta ratkaisevaa on, että tavoitteet määritellään jo suunnittelun alkuvaiheessa. Varhainen tavoiteasetanta ja sen seurauksena käynnistyvä monialainen yhteistyö mahdollistavat kustannustehokkaat elinkaariominaisuuksia huomioivat ratkaisut. Jotta voidaan asettaa tavoitteet riittävän varhain ja varmistaa aidosti monialainen työskentely, erityisesti tilaajille ja heidän edustajilleen tarvitaan syvempää tietoa elinkaariominaisuuksista ja niiden huomioinnista. Aktiivisempi yhteistyö ja ratkaisujen yhteinen kehittäminen eivät ole ainoastaan onnistumisen edellytyksiä, vaan ne voivat olla myös antoisia prosesseja, jotka syventävät asiantuntijoiden osaamista ja vahvistavat suunnittelijoita työllistävän yrityksen pitovoimaa sekä kilpailukykyä.

On kuitenkin tärkeää korostaa myös rakennuttajan, investoijan ja rahoittajan roolia. Rakennuttaja vastaa hankkeen kokonaisuuden hallinnasta, tavoitteiden kirkastamisesta sekä eri osapuolten yhteistyön organisoinnista. Investoija ja/tai rahoittaja puolestaan luovat taloudelliset reunaehdot ja kannustimet, jotka ohjaavat valintoja. Lisäksi suunnitteluohjaus nousee ratkaisevaan asemaan: sen tehtävänä on varmistaa, että eri suunnittelualojen panokset kytkeytyvät hankkeen tavoitteisiin johdonmukaisesti ja että muutostarpeet sekä riskit arvioidaan systemaattisesti. Kaikki edellä esitetty edellyttää muutosta nykyisiin suunnitteluprosesseihin ja niiden johtamiskäytäntöihin – kohti mallia, jossa korostuvat hankekohtaisten tavoitteiden määrittely, muutosten hallinta sekä riskien tunnistaminen ja niiden aktiivinen käsittely monialaisessa yhteistyössä.

Toimenpide-ehdotus

Laaditaan suunnittelua ja sen tilaamista sekä ohjaamista tukevaa ohjeistusta, joka tukee elinkaariominaisuuksien huolellista tarkastelua ja niiden käyttöönottoa käytännön rakennushankkeissa. Ohjeistuksessa elinkaariominaisuudet (säilyvyys, joustavuus ja uudelleenkäytettävyys), niiden toteutumiseen vaikuttavat tekijät, niille asetetut tavoitteet sekä niiden periaatteiden arviointi integroidaan osaksi hankkeen alkuvaiheen päätöksentekoa ja niiden noudattamista varmistetaan koko rakennushankkeen ajan. Elinkaariominaisuuksien ohjaukseen ja todentamiseen luodaan yhteisiä käytäntöjä kehittämällä ja vakiinnuttamalla (parhaimmillaan yksiselitteiset) kriteeristöt (ks. esim. kuvat 8, 25 ja 36).

Purettavaksi suunnittelun edistäminen johtaa käytännössä yhä laajempaan esivalmistettujen komponenttien käyttöön, jolloin kehitystyön painopiste on esivalmistettujen komponenttien standardoinnin ja käyttöohjeiden kehittämisessä (ks. luku 9.4). Tässä mielessä yhteistyötä on kohdistettava myös yksittäisiä rakennushankkeita laajempaan, koko alaa ja rakennusteollisuutta koskevaan kehitystyöhön, jossa mahdollistetaan parempien lähtötietojen saatavuus kaikissa rakennushankkeissa.

EKAT-hankkeessa tehty työ toimii ohjeistuksen ja yhteistyömallin perustana kaikissa edellä kuvatuissa esimerkeissä: hankkeessa koeponnistetut käytännöt edellyttävät jatkokehittämistä ja validointia edelleen yhdessä alan toimijoiden kanssa.

Toimenpide-ehdotus

Elinkaariominaisuuksien käyttöä rakennushankkeissa edistäisi se, että elinkaariominaisuudet voitaisiin määritellä asetustasolla. Tämä selkeyttäisi vastuita ja varmistaisi aiheen jalkauttamisen rakennushankkeisiin. EKAT-hanke tarjoaa konkreettista tietoa siitä, miten elinkaariominaisuuksia tulee huomioida rakennushankkeissa, ja toisaalta siitä, mitä puutteita niiden huomioimiseen vielä liittyy.

Yksi mahdollinen toimintatapa on se, että rakennushankkeeseen ryhtyvän tulisi (tietyt reunaehdot täyttävissä hankkeissa) laatia selvitys rakennuksen elinkaariominaisuuksia koskevasta elinkaarella toteuttavista toimenpiteistä. Skenaariotarkastelun menettelyt ja vaatimukset täsmennettäisiin asetustasolla: esimerkiksi rakennushanketta voisi tarkastella vähintään kolmessa skenaariossa ja vähintään yhteen näistä skenaarioista tulisi varautua rakentamisessa.

Elinkaariominaisuuksien kannustinvaikutuksia on syytä kehittää ja konkretisoida. Keskeistä nykytilanteessa on hyödyntää erilaisia vihreän siirtymän rahoitusinstrumentteja. Suomalaisen rakennuskannan osalta syytä on tarjota paikallisesti vaikuttavia toimintoja, joilla on taloudellista vipuvaikutusta. Euroopan unionin yhteisrahoitusten mahdollisuuksien tunnistaminen ja varhaisen vaiheen vaikuttaminen niihin on niin ikään keskeistä, jotta yhteisrahoitusta voidaan ohjata kansallisesti suotuisalla tavalla.

9.4 Tarvitaan laajemmin standardoitua rakentamistapaa

Edellä mainittujen toimien lisäksi elinkaariominaisuuksien vahvistaminen edellyttää rakentamisalan läpileikkaavia rakenteellisia uudistuksia, joilla nykyiset rakennustavat uudistetaan elinkaariominaisuuksien tavoitteita tukeviksi. Tähän liittyy nykyisten rakentamisalan standardien ja säännösten uudistamista tai uusien käyttöönottoa. Näissä uudistuksissa onnistuminen edellyttää, että niiden valmistelua ja kehittämistä johdetaan. Elinkaariominaisuuksien toteutuminen edellyttää laajaa sitoutumista koko alalta. Siksi uusien toimintamallien kehittämisen on perustuttava nykyisiin, yhdessä alan toimijoiden kanssa sovittuihin rakentamisalan käytäntöihin ja nykyiset käytännöt on otettava kehittämisen lähtökohdaksi.

Alla on listattu esimerkkejä standardoituun rakentamistapaan liittyvistä laajemmista uudistuksista, joiden suuntaisia toimenpiteitä suositellaan arvioimaan ja kehittämään erityisesti purettavaksi suunnittelun näkökulmasta:

- Rakennuksen runkomateriaaleille tarvitaan rakennusosien monikäyttöisyyttä, yhteensopivuutta ja käsittelyä tukeva mitoitus- ja liitosstandardi. Jos tulevaisuudessa markkinoille vapautuu pieniä erä keskenään erilaisiin ja yhteensopimattomiin rakennusjärjestelmiin kuuluvia rakennusosia, niitä on vaikea uudelleenkäyttää kohteissa. On huomioitava, että tässä tulosjulkaisussa esitetyssä kuvitteellisessa kerrostalomallissa rakennusosien mitoitus- ja liitosstandardien käyttö ei haastanut säilyvyyden tai joustavuuden tavoitteita. Päinvastoin standardisoidut osat ja liitokset pienentävät riskiä siihen, että yksittäisten osien vaurioituminen heikentää koko rakenteen tai rakennuksen toimivuutta, ja näin ollen aihe on hyödyllinen myös säilyvyyden näkökulmasta.
- Purettaviksi suunniteltujen rakennustuotteiden hyödyntäjille tarvitaan yleis- ja detajisuunnittelun mallit, jotka tukevat rakennusosien ja liitosten saavutettavuutta ja riippumattomuutta sekä niiden räätälöinnin välttämistä. Suunnitteluohjeiden lähtökohdaksi sopisivat ISO 20887 -standardissa ehdotetut periaatteet, joita konkretisoidaan, tarkennetaan ja jäsennetään edelleen uuden tutkimustiedon ja alan monialaisen yhteistyön avulla. Suunnittelumallit päivittyvät alati, mutta niiden on syytä olla purettavaksi suunnittelun periaatteiden mukaisia.
- Lisäksi tulisi selvittää, miten tässä ajassa tehtyjen rakenneratkaisuiden purkaminen tulevaisuudessa tulisi tehdä, ja esimerkiksi liittää ohjeet rakennuskohdekohtaisesti rakennuksen lokikirjaan tai muuhun tietovarantoon. Ohjeiden kautta voidaan varmistaa, että rakennusosat pysyvät saavutettavina myös huoltotilanteissa ja tilamuutosten eri vaiheissa, eivät vain rakennuksen purkamistilanteessa.
- Digitaalista tuotepassia (Digital Product Passport, DPP) ja lokikirjaa on tarpeen kehittää siten, että niiden tietosisällöt palvelevat rakennuksen huollossa ja ylläpidossa, tilamuutoksissa sekä rakennusosien uudelleenkäytössä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Yksilöidyt tiedot kokoavaan tietokantaan tarvitaan rajapinnat, jotka mahdollistavat tietojen tallentamisen ja hyödyntämisen suunnittelussa, tuotevastuun siirtämisessä ja markkinoinnissa sekä rakennuksen koko elinkaaren ajan toiminnoissa ja toimijoiden välillä.

9.5 Työn rajoituksista ja epävarmuuksista

EKAT-hankkeen prosessi tuotti tulkintoja, joiden avulla voidaan tarkastella kriittisesti suomalaista asuinrakentamista sekä nykyhetkessä että tulevaisuudessa. Kaiken kaikkiaan tuloksia tulee tarkastella ensisijaisesti mahdollisuutena avata uusia näkökulmia, ei yleistyksinä. Vaikka tulkinnat ja löydökset eivät ole yleistettävissä kaikkiin rakennushankkeisiin ja -kohteisiin, niitä voidaan harkiten hyödyntää esimerkiksi muiden vastaavien asuinrakennushankkeiden yhteydessä. Tällaista siirrettävyyttä on kutsuttu myös ”lukijan

yleistettävyydeksi” (Misco, 2007, ks. myös Firestone, 1993), koska lukija arvioi itse, missä määrin tutkimuksen havainnot soveltuvat osin vastaaviin tilanteisiin. Jotta harkittu soveltaminen on mahdollista, alla nostetaan esiin työn keskeisiä rajoituksia.

Elinkaariominaisuuksia koskeva tieto ja sen soveltaminen perustuivat hankkeessa harkinnanvaraisesti valittuun kirjallisuuteen sekä rajatun monialaisen asiantuntijaryhmän näkemyksiin. Lisäksi monialaisen asiantuntijaryhmän vuorovaikutus ja asiantuntemus vaikuttivat keskustelujen sisältöön ja sitä kautta siihen, mitkä elinkaariominaisuudet lopulta sisällytettiin kuvitteelliseen asuinkerrostalohankkeeseen. Tätä rajoitusta pyrittiin kuitenkin paikkaamaan siten, että hankkeen eri vaiheissa osallistettiin työpajakäytäntein käytännön asiantuntijoita, jotta ryhmän mahdollisesti rajalliset näkemykset saisivat rikastusta ja tulkinnat laajempaa pohjaa.

Käytettävissä oleva tieto siitä, mitkä elinkaariominaisuudet ovat rakennuksen elinkaaren kannalta vaikuttavimpia ja eniten hyötyjä tuottavia, on hyvin rajallista. Ei ole siis varmuutta siitä, mitkä tekijät rakennuksessa todellisuudessa merkittävästi pidentävät rakennuksen käyttöikää tai esimerkiksi lisäävät uudelleenkäytön todennäköisyyttä. Myöskään rakennusosakohtaisista irrottamiskustannuksista ei ole tietoa, eikä tilamuutosten ja korjausten kustannuksista ja työmenekistä ole vertailevaa tutkimusta.

Lisäksi koska saatavilla oli vain rajallisesti tietoa, elinkaarilaskennassa jouduttiin turvautumaan oletuksiin elinkaariominaisuuksien muutosriheyksistä. Nämä oletukset perustuivat hankkeessa toteutetun kyselyn tuloksiin (ks. luku 2.3 ja 6) sekä niiden asiantuntijatulkintaan. On kuitenkin huomattava, että kyselyn otos oli pieni ja asiantuntijaryhmä rajattu. Näin ollen muodostetut oletukset jäävät väistämättä vajavaisiksi eivätkä ne kata koko kenttää mahdollisista eri näkökulmista tai rakennustyypeistä.

Tämän vuoksi ei voida saavuttaa varmuutta siitä, että kuvitteelliseen rakennushankkeeseen sisällytetyt elinkaariominaisuudet edustaisivat todellisuudessa kaikkein vaikuttavimpia tekijöitä vuokrakerrostalokohteen kontekstissa. Tästäkin syystä elinkaariominaisuuksia koskevan taustatiedon kerääminen ja kehittäminen on nostettu johtopäätösten tärkeäksi aiheeksi (ks. luku 9.1).

10

Lähteet

- Alanne, K., Holopainen, R., Hyvärinen, J., Kaappola, E., Ketomäki, J., Kurnitski, J., Könkö, S., Pylsy, P., Railio, J., Seppänen, O., Vuolle, M., Vuorinen, P. & Yrjölä, J. (2024). Rakennusten energiatekniikka. Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- Al-Jaber, A., Martinez-Vazquez, P. & Baniotopoulos, C. (2023). Barriers and enablers to the adoption of circular economy concept in the building sector: A systematic literature review. *Buildings*, 13, 2778. <https://doi.org/10.3390/buildings13112778>
- Al-Obaidy, M., Carens, H., Campain, C., Giannasi, E., Mori, M., van Vliet, M. & Attia, S. (2025). Expert system for building disassembly potential evaluation and inspection. *Journal of Building Engineering*, 103, 112148. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112148>
- Annala, P., Hietala, M., Lahdensivu, J., Pakkala, T., Koskivuori, M., Nöjd, K. & Vanha-Viitakoski, T. (2024). *Opas rakennukseen kohdistuvien ilmastoriskien ja sopeutumiskäytännön arvioimiseksi*. Rakennusteollisuus RT ry / Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO.
- Arge, K. (2005). Adaptable office buildings: theory and practice. *Facilities*, 23(3/4), 119–127. <https://doi.org/10.1108/02632770510578494>
- Askar, R., Bragança, L. & Gervásio, H. (2021). Adaptability of buildings: A critical review on the concept evolution. *Applied Sciences*, 11(10), 4483. <https://doi.org/10.3390/app11104483>
- Asunto-osakeyhtiölaki 1599/2009. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2009/1599>
- Betoni.com. (ei pvm.). *Vähähiilinen betoni*. Haettu 8.10.2025 osoitteesta <https://betoni.com/betoni-ja-ymparisto/vahahiilinen-betoni/>
- BouwTotaal. (2023). *Remontabel bouwen met kanaalplaatvloeren*. Haettu 8.10.2025 osoitteesta <https://www.bouwtotaal.nl/2023/06/remontabel-bouwen-met-kanaalplaatvloeren/>
- Braide, A. (2019). *Dwelling in time: Studies on life course spatial adaptability* (Issue 4580) [tohtorinväitöskirja, Chalmers University of Technology].
- Brand, S. (1994). *How buildings learn, what happens after they're built*. Penguin.
- Brandt, E., Binder, T., & Sanders, E. B.-N. (2013). *Tools and techniques: Ways to engage telling, making and enacting*. Teoksessa Simonsen J. & Robertson T. (2013). (toim.) *Routledge International Handbook of Participatory Design*. Routledge.
- Buchanan, R. (2001). Design research and the new learning. *Design Issues*, 17(4): 3-23.
- Carlsson, S., Mallalieu, A., Almfelt, L. & Malmqvist, J. (2021). Design for longevity – a framework to support the designing of a product's optimal lifetime. *Proceedings of the Design Society*, 1, 1003-1012.
- Cepezed. (ei pvm.). *Remountable construction: showcase temporary court in Amsterdam*. Haettu 8.9.2025 osoitteesta <https://www.cepezed.nl/en/tijdelijke-rechtbank-amsterdam-op-weg-naar-enschede/>
- CIB. (2021). *W080 – Prediction of service life of building materials and components*. <https://cibworld.org/commissions/w080-prediction-of-service-life-of-building-materials-and-components/>

- Conejos, S., Langston, C. & Smith, J. (2013). AdaptSTAR model: A climate-friendly strategy to promote built environment sustainability. *Habitat International*, 37, 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2011.12.003>
- Conejos, S., Langston, C. & Smith, J. (2014). Designing for better building adaptability: A comparison of adaptSTAR and ARP models. *Habitat International*, 41, 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2013.07.002>
- Conejos, S., Langston, C. & Smith, J. (2015). Enhancing sustainability through designing for adaptive reuse from the outset: A comparison of adaptSTAR and Adaptive Reuse Potential (ARP) models. *Facilities*, 33(9/10), 531–552. <https://doi.org/10.1108/F-02-2013-0011>
- Consolis VBI. (2025). *Principedetails remontabel bouwen – utiliteitsbouw*. Haettu 8.9.2025 osoitteesta <https://vbi.nl/document/principedetails-remontabel-bouwen-utiliteitsbouw/>
- Crowther, P. (2018). A taxonomy of construction material reuse and recycling: Designing for future disassembly. *European Journal of Sustainable Development*, 7, 355–355. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2018.v7n3p355>
- Dams, B., Maskell, D., Shea, A., Allen, S., Driesser, M., Kretschmann, T., Walker, P. & Emmitt, S. (2021). A circular construction evaluation framework to promote designing for disassembly and adaptability. *Journal of Cleaner Production*, 316, 128–122. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128122>
- Demos Helsinki. (ei pvm.). *Kaupungistuminen ja kaupunkiseutujen kestävä kasvu*. Haettu 8.9.2025 osoitteesta <https://demoshelsinki.fi/projects/kaupungistuminen-ja-kaupunkiseutujen-kestava-kasvu/>
- Densley Tingley, D., Cooper, S. & Cullen, J. (2017). Understanding and overcoming the barriers to structural steel reuse, a UK perspective. *Journal of Cleaner Production*, 148, 642–652. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.006>
- Dorst, K. (2011). The core of ‘design thinking’ and its application. *Design Studies*, 32(6), 521–532. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.07.006>
- Dorst K. & Cross N. (2001). Creativity in the design process: Co-evolution of problem-solution. *Design Studies*, 22(5), 425–437. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(01\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00009-6)
- Eberhardt, L. C. M., Birgisdóttir, H. & Birkved, M. (2019a). Life cycle assessment of a Danish office building designed for disassembly. *Building Research & Information*, 47, 666–680. <https://doi.org/10.1080/09613218.2018.1517458>
- Eberhardt, L. C. M., Birgisdóttir, H. & Birkved, M. (2019b). Potential of circular economy in sustainable buildings. *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 471, 092051. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/9/092051>
- Ekvall, T., Björklund, A., Sandin, G. & Jelse, K. (2020). *Modeling recycling in life cycle assessment. Technical report, May 2020. Final Report*. https://www.researchgate.net/publication/344364006_Modeling_recycling_in_life_cycle_assessment
- Estrella, X., Muresan, A., Brütting, J., Redaelli, D. & Fivet, C. (2024). RE:SLAB—a load bearing system for open-ended component reuse in building structures. *Frontiers in Built Environment*, 10. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1355445>
- Euroopan komissio. (ei pvm.). *Waste Framework Directive*. Haettu 15.9.2025 osoitteesta https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en
- Euroopan komissio. (2021). *Komission tiedonanto. Tekniset ohjeet infrastruktuurin ilmastokestävyyden varmistamisesta vuosina 2021–2027 (2021/C 373/01)*.
- Femenias, P. & Geromel, F. (2020). Adaptable housing? A quantitative study of contemporary apartment layouts that have been rearranged by end-users. *Journal of Housing and the Built Environment*, 35(2), 1–25. <https://doi.org/10.1007/s10901-019-09693-9>
- Finlay, S., Pereira, I., Fryer-Smith, E., Charlton, A. & Roberts-Hughes, R. (2012). *The way we live now: What people need and expect from their homes. A research report for the Royal Institute of British Architects, Home wise, RIBA*. Ipsos Mori.
- Firestone, W. A. (1993). Alternative arguments for generalizing from data as applied to qualitative research. *Educational Researcher*, 22, 16–23. <https://doi.org/10.3102/0013189X02200401>
- Geraedts, R. (2016). FLEX. 4.0. Practical instrument to assess the adaptive capacity of buildings. *Energy Procedia*, 96, 568–579. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.102>
- Guy, B. & Ciarimboli, N. (2005). *Design for Disassembly in the built environment: a guide to closed-loop design and building*. The Pennsylvania State University.
- GXN Innovation, Lejerbo, MT Højgaard, Danish Building Research Institute, The Danish Association for Responsible Construction, 3XN Architects, Lendager Group, Vandkunsten, Royal Danish Academy of Fine Arts & Aarhus University School of Engineering. (2018). *Circle House*.
- Habraken, N. J. (1972). *Supports: an alternative to mass housing*. Architectural Press.
- Habraken, N. J. (2008). Design for flexibility. *Building Research and Information*, 36(3), 290–296. <https://doi.org/10.1080/09613210801995882>
- Habraken, N. J., Boekholt, J. T., Thijssen, A. P. & Dinjens, P. J. M. (1976). *Variations: The systematic design of supports*. Laboratory of Architecture and Planning, MIT.
- Habraken, N. J. & Teicher, J. (toim.) (1998). *The structure of the ordinary: Form and control in the built environment*. MIT Press.
- Hakaste, H. (2015). *Muuntojouston uusi tuleminen*. Rakennustieto. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150201.pdf>
- Hakaste, H., Häkkinen, T., Lahdensivu, J. & Saarimaa, S. (2024). *Elinkaariominaisuudet rakennuksen pitkäikäisyyden edistämiseksi* (Ympäristöministeriön julkaisuja 2024:3). Ympäristöministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-059-0>
- Halding, P. S. (2023). Design for disassembly of concrete slabs with mortar joints. *Buildings*, 13, 1957. <https://doi.org/10.3390/buildings13081957>

- Harsunen, P., Uotila, U., Joensuu, T. & Saari, A. (2025). Deconstruction of a prefabricated concrete building designed for disassembly—cost comparison of deconstruction and demolition. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 5, 025005. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/adcd27>
- HE 139/2022. Hallituksen esitys eduskunnalle rakentamislainsäädännön muuttamisesta ja siihen liittyviksi laeiksi. <https://finlex.fi/fi/hallituksen-esitykset/2022/139>
- Heidrich, O., Kamara, J., Maltese, S., Re Cecconi, F. & DeJaco, M. C. (2017). A critical review of the developments in building adaptability. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 35(4), 284–303. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-03-2017-0018>
- Helsingin kaupunki. (2024). *Uudisrakennusten suunnitteluohje 2018*. Kaupunkiympäristö – asuntotuotanto, Helsingin kaupunki. <https://www.hel.fi/static/liitteet/att/Uudisrakennusten-suunnitteluohje.pdf>
- Herthogs, P., Debacker, W., Tunçer, B., De Weerd, Y. & De Temmerman, N. (2019). Quantifying the generality and adaptability of building layouts using weighted graphs: The SAGA method. *Buildings*, 9(4), 92. <https://doi.org/10.3390/buildings9040092>
- Huttunen, R., Kuuva, P., Kinnunen, M., Lemström, B. & Hirvonen, P. (2022). *Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastратегия* (Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 2022:53). Työ- ja elinkeinoministeriö. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-811-0>
- Huuhka, S., Vainio, T., Moisio, M., Lampinen, E., Knuutinen, M., Bashmakov, S., Köliö, A., Lahdensivu, J., Ala-Kotila, P. & Lahdenperä, P. (2021). *Purkaa vai korjata? Hiilijalanjälkivaikutukset, elinkaarikustannukset ja ohjauskeinot* (Ympäristöministeriön julkaisu 2021:9). Ympäristöministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-221-1>
- Häkkinen, T. & Ala-Kotila, P. (2019). *Monikäyttöisyys ja muunneltavuus kestävässä rakentamisessa* (VTT Technology No. 363). VTT Technical Research Centre of Finland. <https://doi.org/10.32040/2242-122X.2019.T363>
- Häkkinen, T. & Tarpio, J. (2021). *Elinkaariominaisuudet rakentamisen ohjauksessa* (Suomen ympäristökeskuksen raportteja 46/2021). Suomen ympäristökeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5438-6>
- Ilmatieteen laitos. (2023). *Ilmastomuutoksen vaikutukset rakennuksiin*. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmastonmuutos-rakennukset>
- ISO 13823:2008. *General principles on the design of structures for durability*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/39021.html>
- ISO 15392:2019. *Sustainability in buildings and civil engineering works – General principles*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/69947.html>
- ISO 15686-1:2011. *Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 1: General principles and framework*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/45798.html>

- ISO 15686-5:2017. *Buildings and constructed assets – Service life planning Part 5: Life-cycle costing*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/63787.html>
- ISO 15686-8:2008. *Buildings and constructed assets – Service-life planning – Part 8: Reference service life and service-life estimation*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/39070.html>
- ISO 20887:2020. *Sustainability in buildings and civil engineering works – Design for disassembly and adaptability – Principles, requirements and guidance*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/69370.html>
- Jensen, M. L. & Lamvik, I. B. E. M. (2023). *Design-for-disassembly solutions for longitudinal joint connections in hollow core floors* [maisterintutkielma]. NTNU.
- Joensuu, T., Leino, R., Heinonen, J. & Saari, A. (2022). Developing Buildings' Life Cycle Assessment in Circular Economy-Comparing methods for assessing carbon footprint of reusable components. *Sustainable Cities and Society*, 77, 103499. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103499>
- Joensuu, T. & Saari, A. (2025). *Design-for-Disassembly principles for apartment blocks – experimental design in a Finnish housing project* [käsikirjoitus]. DfD-ecosystem-hanke.
- Jones, P.H. (2014). Systemic design principles for complex social systems. Teoksessa Metcalf, G. (toim.), *Social Systems and Design* (Translational Systems Sciences, 1). Springer.
- JRC. (2020). *Level(s) indicator 2.3: Design for adaptability and renovation. User manual: overview, instructions and guidance (Publication version 1.0)*. JRC technical reports. [https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2020-10/20201013%20New%20Level\(s\)%20documentation_2.3%20Adaptability_Publication%20v1.0.pdf](https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2020-10/20201013%20New%20Level(s)%20documentation_2.3%20Adaptability_Publication%20v1.0.pdf)
- Juntto, A. (2007). *Suomalaisten asumistavoitteet ja mahdollisuudet. Tulot ja kulutus*. Tilastokeskus ja Ympäristöministeriö.
- Juntto, A. (2008a). *Asumisen muutos ja tulevaisuus. Rakennetarkastelu: erilaistuva asuminen*. Ympäristöministeriö. <http://hdl.handle.net/10138/38362>
- Juntto, A. (2008b). *Kaikkien asumisunelmat eivät toteudu* (Hyvinvointikatsaus 1/2008). Tilastokeskus.
- JUUNOO. (2023). *Technical documentation*. Haettu 8.10.2025 osoitteesta <https://juunoo.com/wp-content/uploads/2024/01/2023-05-18-JUUNOO-Technical-Documents-ENG-metric.pdf>
- Kahri, E. (1993). *Avoin asuntorakentaminen – mahdollisuuksien tie*. Rakennustieto.
- Kaleva, H., Oikarinen, E. & Soutamo, M. (2017). *Kiinteistösijoittaminen*. KTI Kiinteistötieto Oy.
- Kendall, S. H. (2011). Developments toward a residential fit-out industry. *Open House International*, 36(1), 10–17. <https://doi.org/10.1108/ohi-01-2011-b0010>
- Kendall, S. H. & Teicher, J. (2000). *Residential Open Building* (1. painos). Spon Press. <https://doi.org/10.4324/9780203056769>

- Ketterän asumisen keittokirja. (ei pvm.). Tour Bois-Lépretre. Housing Cookbook. Haettu 21.9.2025 osoitteesta <https://housingcookbook.com/kohteet/tour-boislepretre>
- Keurulainen, A. (2014). *Muuttuva suomalainen perhe*. Kopijyvä.
- Kortetmäki, A., Saarimaa, S., Juvela, J.-P., Jalonen, M. & Kotilainen R. (2023). *Talotekniikka kerrostalojen muunneltavuuden mahdollistajana*. Tampereen yliopisto. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2792-7>
- Kręć-Grzeškowiak, A. & Baborska-Narożny, M. (2023). Guidelines for disassembly and adaptation in architectural design compared to circular economy goals – A literature review. *Sustainable Production and Consumption* 39, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.04.020>
- Krokfors, K. (2017). *Time for space: typologically flexible and resilient buildings and the emergence of the creative dweller* [väitöskirja, Aalto-yliopisto]. Aaltodoc. <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/26565>
- Kruus, M., & Kiiras, J. (2006). Suunnittelun ohjaus SUKE-mallissa. Rakentajain kalenteri 2007, 370–382. Rakennustieto Oy.
- Kuoppa, J., Nieminen, N., Ruoppila, S. & Laine, M. (2019). Elements of desirability: exploring meaningful dwelling features from resident's perspective. *Housing Studies*, 35(10), 1661–1683. <https://doi.org/10.1080/02673037.2019.1680812>
- Kurvinen, A., Saari, A., Heljo, J. & Nippala, E. (2021). Modeling building stock development. *Sustainability*, 13, 723. <https://doi.org/10.3390/su13020723>
- Lacasse, M. A., Gaur, A., & Moore, T. V. (2020). Durability and Climate Change—Implications for Service Life Prediction and the Maintainability of Buildings. *Buildings*, 10(3), 53. <https://doi.org/10.3390/buildings10030053>
- Lahdensivu, J., Pakkala, T., Pikkuvirta, J., Räsänen, A., Alastalo, S., Karvonen, A., Täubel, M., Pekkanen, J., Juntunen, M., Velashjerdi Farahani, A., Jokisalo, J., Kosonen, R., Jylhä, K., Lanki, T., Leino, O. & Kollanus, V. (2023). *Rakennusten kusteusvauriot ja yllämpeneminen muuttuvassa ilmastossa – RAIL* (Valtioneuvoston selvitys- ja julkaisutoiminnan julkaisusarja 2023:2). Valtioneuvoston kanslia.
- Lehtinen, T., Maununaho, K., Varis, K., Kaasalainen, T., Luotonen, E., Saarimaa, S., Nisonen, E., Pelsmakers, S., Tarpio, J., Blomgren, W. & Castaño de la Rosa, R. (2022). *Asuminen muutoksessa: Asunnot ja naapuruston jaetut tilat asukkaiden arjessa*. Tampereen yliopisto, rakennetun ympäristön tiedekunta. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2388-2>
- Leupen, B. (2006). *Frame and generic space*. 010 Publishers.
- LVI 10-10397. (2006). Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/1999/132>

- Mahmoudi Motahar, M., Hosseini Nourzad, S. H. & Rahimi, F. (2024). Integrating complete disassembly planning with deconstructability assessment to facilitate designing deconstructable buildings. *Architectural Engineering and Design Management*, 20, 150–167. <https://doi.org/10.1080/17452007.2023.2187753>
- Mañes-Navarrete, D., Redón-Santafé, M. & Paya-Zaforteza, I. (2025). Integrating design for disassembly in hybrid building structures: a case study of an administrative building. *Energy and Buildings*, 340, 115765. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115765>
- Marco, E. (2022). Stuff and space in the home: space for storage as the forgotten design and well-being dimension in standardised housing. *The Journal of Architecture*, 27(5–6), 708–733. <https://doi.org/10.1080/13602365.2022.2142269>
- Marco, E., Tahsiri, M., Sinnett, D. & Oliveira, S. (2022). Architects' 'enforced togetherness': new design affordances of the home. *Buildings and Cities*, 3(1), 168–185. <http://doi.org/10.5334/bc.189>
- Maununaho, K. (2024). *Kulttuurien kohtaamisia asuin ympäristössä: Arjen kulttuurisen monimuotoisuuden huomioiminen kaupunkiasumisen suunnittelussa* [väitöskirja, Tampereen yliopisto]. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-3311-9>
- Maununaho, K., Kulmala, J. & Jolanki, O. (toim.) (2024). *Koti elämäkulussa* (SoPhi, vuosikerta 158). Jyväskylän yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-86-0377-1>
- Meriläinen, S. & Tervo, A. (2025). The changing typology of urban apartment buildings in Aurinkolahti. *Buildings and Cities*. 6, 50–69. <https://doi.org/10.5334/bc.484>
- Misco, T. (2007). The frustrations of reader generalizability and grounded theory: Alternative considerations for transferability. *Journal of Research Practice*, 3(1). <http://jrp.icaap.org/index.php/jrp/article/view/45/77>
- Ostapska, K., Rüther, P., Loli, A. & Gradeci, K. (2024). Design for Disassembly: A systematic scoping review and analysis of built structures Designed for Disassembly. *Sustainable Production and Consumption*, 48, 377–395. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.05.014>
- Ottenhaus, L.-M., Hernández-Aldaz, M., Davies, A. & Cabrero, J. M. (2025). Evaluating the disassembly potential of timber buildings: development of calculation tool and proof of concept. *Wood Material Science & Engineering*, 0, 1–29. <https://doi.org/10.1080/17480272.2025.2510562>
- De Paris, S. R. & Lopes, C. N. L. (2018). Housing flexibility problem: Review of recent limitations and solutions. *Frontiers of Architectural Research*, 7(1), 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2017.11.004>
- Peikko. (ei pvm). *JENKA-nostoankkurijärjestelmä*. Haettu 8.10.2025 osoitteesta <https://www.peikko.fi/tuotteet/tuote/jenka/>

- Peikko. (2022). *Pilot project proves that the dismount and reuse of concrete elements is realistic and economical*. Haettu 23.8.2022 osoitteesta <https://www.peikko.com/blog/pilot-project-proves-that-the-dismount-and-reuse-of-concrete-elements-is-realistic-and-economical/>
- Pelsmakers, S., Saarimaa, S. & Vaattovaara, M. (2021). Avoiding macro mistakes: Analysis of micro-homes in Finland today. *Special Issue: The Housing Question of Tomorrow, Nordic Journal of Architectural Research*, 33(3), 92–124.
- Peters, T. & Masoudinejad, S. (2022). Balconies as adaptable spaces in apartment housing. *Buildings and Cities*, 3(1), 265–278. <http://doi.org/10.5334/bc.191>
- Petersen, A., Silva, A. & González, M. (2023). Service life prediction of painted renderings using maintenance data through regression techniques. *Buildings*, 13(3), 785. <https://doi.org/10.3390/buildings13030785>
- Pinder, J. A., Schmidt, R., Austin, S. A., Gibb, A. & Saker, J. (2017). What is meant by adaptability in buildings? *Facilities*, 35(1/2), 2–20. <https://doi.org/10.1108/F-07-20150053>
- Pitkänen, J. (2009). *Asuinkerrostalojen rakentamisen ohjauksen kustannustarkasteluja* (Helsingin kaupungin talous- ja suunnittelukeskuksen julkaisusarja 6/2009). Helsingin kaupunki.
- Rakennustieto. (ei pvm.). *Rakennustiedon ympäristöluokitus*. Haettu 15.9. 2025 osoitteesta <https://ymparisto.rakennustieto.fi/rakennustiedon-ymparistoluokitus>
- Rakennustietosäätiö RTS sr. (2025). *Elinkaariominaisuuksien kehittäminen* [julkaisematon EKAT-hankkeen työpaja-aineisto].
- Rakennusteollisuus RT. (2023). *Rakennussektorin hiilidioksidipäästöt*. <https://www.rakennusteollisuus.fi/hiilidioksidipaastot>
- Rakentamislaki 751/2023. <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2023/751>
- Ratu KI-6020. (2011). *Rakentamisen tuotantotekniikka*. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS sr.
- Rode, C. & de Place Hansen, E. (2023). Service life assessment of buildings – A new beginning. *AIP Conference Proceedings*, 2918(1): 020054. <https://doi.org/10.1063/5.0171367>
- RT 10-10962. (2009). *Talo 2000 Hankenimikkeistö*. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- RT 103141. (2019). *Esteetön liikkumis- ja toimimisympäristö*. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- RT 103602. (2023). *Toimiva talo. Asuinkerrostalokohteet*. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- RT 103732. (2024). *Rakennusten kosteustekninen toimivuus: Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta*. Säännöskortti. Ympäristöministeriö, Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- RT 103765. (2025). *Kiinteistön keskimääräiset tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Rakennustekniikka*. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>

- RT 103766. (2025). *Kiinteistön keskimääräiset tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Talotekniikka*. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- RT 82-10603. (1996). *Julkisivun korjaustarpeen arviointi. Korjausrakentaminen*. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- RT 82-11006. (2010). *Ulkoseinärakenteita*. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- RT 95-10719. (2000). *Toimistotilat, tekninen suunnittelu*. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- RT 93-10929. (2008). *Asuntosuunnittelu. Ruoanvalmistus ja ruokailu*. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- RT 93-10926. (2008). *Asuntosuunnittelu. Oleskelu ja vapaa-ajan vietto*. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- RT 93-11232. (2016). *Muuntojousto asuntosuunnittelussa. Tila- ja pääsuunnittelu*. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- RT SA-40095. (1995). *Asuntorakentamissanasto*. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. <https://rt.rakennustieto.fi>
- Saari, A. (2001). *Tavoitteiden asettaminen rakennuksen muunto- ja käyttöjoustavuudelle* (Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratorion selvityksiä 36). Teknillinen korkeakoulu.
- Saari, A. & Takki, T. (2008). The indoor condition guarantee procedure and associated lease contract model. *Facilities*, 26(3–4), 144–156. <https://doi.org/10.1108/02632770810849481>
- Saarimaa, S. (2023). *Tackling the challenge of user-centred urban housing: Enabling user preferences today and user adjustments in the future* [väitöskirja, Tampereen yliopisto]. <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/151437>
- Saarimaa, S. (2025). Joustavuus. Teoksessa S. Saarimaa & M. Kotilainen (toim.), *Ilmiöverkosto: Kiinteistö- ja rakentamisan kehityksen suunnat 2025* (Rakennustietosäätiö RTS sr julkaisut 1/2025). <https://www.rts.fi/ilmioverkosto-kiinteisto-ja-rakentamisan-kehityksen-suunnat-2025>
- Saarimaa, S. & Kotilainen, M. (toim.). (2025). *Ilmiöverkosto: Kiinteistö- ja rakentamisan kehityksen suunnat 2025* (Rakennustietosäätiö RTS sr julkaisut 1/2025). <https://www.rts.fi/ilmioverkosto-kiinteisto-ja-rakentamisan-kehityksen-suunnat-2025>
- Saarimaa, S. & Pelsmakers, S. (2020). Better living environment today, more adaptable tomorrow? *The Finnish Journal of Urban Studies*, 58(2), 33–58. <https://doi.org/10.33357/ys.89676>
- Saarimaa, S., Turku, V., Kuoppa, J., Tervo, A. & Laine, M. (2024). Asukastoiveiden mukainen kerrostalo?: Menetelmä asukastiedon keräämiseen ja suuntaviivoja suunnitteluun. *Yhdyskuntasuunnittelu*, 61(3), 77–103. <https://doi.org/10.33357/ys.120503>

- Schmidt III, R. & Austin, S. (2016). *Adaptable architecture: theory and practice*. Routledge.
- Schneider, T. & Till, J. (2007). *Flexible housing*. Architectural Press.
- SFS ISO 59004:2024. *Kiertotalous. Sanasto, periaatteet ja toteutusohje*. Suomen standardoimisliitto SFS. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/ISO/ID2/5/1330839.html.stx>
- SFS-EN 15643:2021. *Sustainability of construction works. Framework for assessment of buildings and civil engineering works*. Suomen standardoimisliitto SFS.
- SFS-EN 15804:2012. *Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt*. Suomen standardoimisliitto SFS.
- SFS-EN 15978:2011. *Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method*. Suomen standardoimisliitto SFS. <https://sales.sfs.fi/en/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/184359.html.stx>
- SFS-EN 16309 + A1:2014. *Sustainability of construction works. Assessment of social performance of buildings. Calculation methodology*. Suomen standardoimisliitto SFS.
- SFS-EN 16627:2015. *Sustainability of construction works. Assessment of economic performance of buildings. Calculation methods*. Suomen standardoimisliitto SFS. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/382919.html.stx>
- SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020. *Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet*. Suomen standardoimisliitto SFS. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/1063478.html.stx>
- Sharafi, P., Atashfaraz, B. & Kildashti, K. (2025). Novel rocking interconnection for superior prefabricated prefinished modular building system. *Engineering Structures*, 343, 120934. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2025.120934>
- Silva, A. (2022). Assessment, diagnosis and service life prediction. *Buildings*, 12(11), 2005. <https://doi.org/10.3390/buildings12112005>
- Suominen, R., Joensuu, T., Malaska, M. & Saari, A. (2025). *DfD connections in reusable precast concrete structures: A conceptual study* [käsikirjoitus]. DfD-ecosystem -hanke.
- SVT, Suomen virallinen tilasto. (2023). *Asuminen ja rakentaminen*. Tilastokeskus. https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_asuminen.html
- TalotekniikkaRYL. (2024). *Vesi- ja viemärijärjestelmät* [verkkopalvelu]. <https://ryl.rakennustieto.fi>
- Tarpio, J. (2015). *Joustavan asunnon tilalliset logiikat: Erilaisiin käyttöihin mukautumiskykyisen asunnon tilallisista lähtökohdista ja suunnitteluperiaatteista* [väitöskirja, Tampereen teknillinen yliopisto]. Trepo. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3510-9>
- Tiitu, M. (2018). Expansion of the built-up areas in Finnish city regions – The approach of travel-related urban zones. *Applied Geography*, 101, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.10.001>

- Tiuri, U. (1997). *Asunnon muunneltavuus ja avoin rakentaminen* (Teknillisen korkeakoulun arkkitehtiosaston tutkimuksia). Helsingin teknillinen korkeakoulu.
- Tähtinen, K. (toim.) (2025). *UURAKET-hankkeen loppuraportti* (Rakennustietosäätiö RTS sr julkaisut 3/2025). <https://www.rts.fi/wp-content/uploads/2025/09/Uuraket-loppuraportti-2025.pdf>
- Uotila, U., Saari, A. & Joensuu, T. (2024). Demands for DfD data characteristics: a step towards enabling reuse of prefabricated concrete components. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 4, 015014. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ad3579>
- Vainio, T., Kuismanen, K., Ala-Kotila, P., & Vesanen, T. (2021). Asuntotuotannon laatu-muutokset 2005–2020: Korkeampaa, tiiviimpää, energiatehokkaampaa. Ympäristöministeriön julkaisuja 2021:29. Ympäristöministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-420-8>
- Valkenburg, R. & Dorst, K. (1998). The reflective practice of design teams. *Design studies*, 19(3), 249-271.
- Vanhatalo, J. & Partanen, J. (2022). Exploring the spectrum of urban area key figures using data from Finland and proposing guidelines for delineation of urban areas. *Land Use Policy*, 112, 105822. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105822>
- Vuokraovi.com. (2025). *Asuntojen vuokrat Helsingissä – katso kartalta alueiden neliövuokrat*. Haettu 4.8.2025 osoitteesta <https://www.vuokraovi.com/kumppanisallot/vuokraovi/asuntojen-vuokrat-oulussa-kalleimmalla-alueella-yksion-neliovuokra-yli-20-euroa-kk/>
- Waldo, G., De Temmerman, N. & De Meyer, R. (2017). Integrating scenarios into life cycle assessment: Understanding the value and financial feasibility of a de-mountable building. *Buildings*, 7(3), 64. <https://doi.org/10.3390/buildings7030064>
- Webster, M. D. (2007). Structural design for adaptability and deconstruction: A strategy for closing the materials loop and increasing building value 1–6. Teoksessa R. Lyons (toim.), *New Horizons and Better Practices*. ASCE. [https://doi.org/10.1061/40946\(248\)27](https://doi.org/10.1061/40946(248)27)
- De Wolf, C., Hoxha, E. & Fivet, C. (2020). Comparison of environmental assessment methods when reusing building components: A case study. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102322. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102322>
- Wong, J. F. (2010). Factors affecting open building implementation in high density mass housing design in Hong Kong. *Habitat International*, 34(2), 174–182. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2009.09.001>
- Ympäristöministeriö. (2019). *Method for the whole life carbon assessment of buildings*. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161796>

- Ympäristöministeriö. (2024b). *Perustelumuiotio: Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastoselvityksestä ja rakennustuoteluettelosta*. https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/PEMU_20241027.pdf
- Ympäristöministeriö. (2020). *Rakennusten kosteustekninen toimivuus: Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta*. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ohje_Rakennusten-kosteustekninen-toimivuus-2020-F3A686EA_E374_4983_A396_CC15D6830B7B-156354.pdf
- Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista (477/2014).
- Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastoselvityksestä ja rakennustuoteluettelosta (1027/2024).
- Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017).
- Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärilaitteistoista (1047/2017).
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017).
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta (1009/2017).
- Zhang, C., Hu, M., Di Maio, F., Sprecher, B., Yang, X. & Tukker, A. (2022). An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. *Science of The Total Environment*, 803, 149892. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149892>
- Živković, M. & Jovanović G. (2012). A method for evaluating the degree of housing unit flexibility in multi-family housing. *Facta universitatis – Series: Architecture and Civil Engineering*, 10(1), 17–32. <https://doi.org/10.2298/FUACE1201017Z>

Rakennusten elinkaariominaisuudet – säilyvyys, joustavuus ja uudelleenkäytettävyys – ovat avainasemassa, kun halutaan pidentää rakennuksen ja sen osien käyttöikää.

Elinkaariominaisuuksien arviointi ja toteuttaminen talonrakennushankkeessa -julkaisu tarjoaa ainutlaatuisen koosteen yhteenpunottua tietoa rakennuksen elinkaariominaisuuksista. Julkaisussa kootaan ja jäsennetään elinkaariominaisuuksiin liittyvää tietoa, jota sovelletaan käytännön tasolla kuvitteellisessa asuinkerrostalohankkeessa. Lisäksi julkaisussa arvioidaan elinkaariominaisuuksien kustannus- ja päästövaikutuksia. Kaiken kaikkiaan julkaisu tarjoaa kiinteistö- ja rakentamisalan toimijoille valmiuksia rakennusten elinkaariominaisuuksien toteuttamiseen ja arviointiin talonrakennushankkeissa.

