

SIRATE

Ilmasta Hyvää.

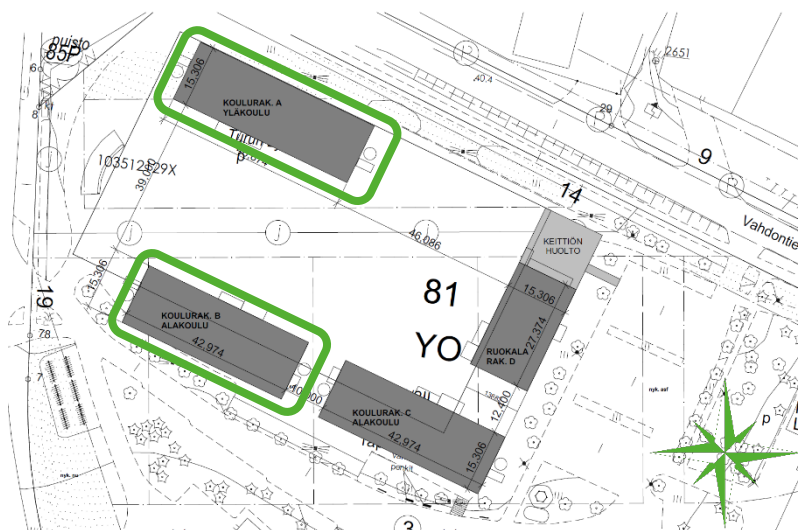
Tutkimussuunnitelma

Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

Turun Lyseon koulu, A- ja B-rakennukset

Varusmestarintie 19

20360 TURKU



20.12.2024

Projektinnumero: 8171

Sirate Group Oy

www.sirategroup.fi

etunimi.sukunimi@sirategroup.fi

Y-tunnus 2496984-4

Tampere

Tampereentie 495

33880 Lempäälä

Puh. 046 851 4392

Turku

Lemminkäisenkatu 59

20520 Turku

Puh. 046 850 5088

Kuopio

Oppipojankuja 4

70780 Kuopio

Puh. 040 089 7727

Jyväskylä

Sepelitie 15

40320 Jyväskylä

Puh. 050 359 5837

Helsinki

Kaupintie 2

00440 Helsinki

Puh. 050 541 994

Sisällysluettelo

1 Yleistiedot	2
1.1 Tutkimuksen lähtökohta ja tavoite	2
1.2 Tutkimuskohteen yleiskuvaus	3
1.3 Lähtötiedot	6
1.3.1 Käytössä olleet asiakirjatiedot	6
1.3.2 Tutkimuskohteessa aiemmin tehdyt selvitykset	7
1.3.3 Olosuhdeseurannat (Turun kaupunki)	8
2 Tutkimusmenetelmät	10
3 Rakennetekniset tutkimukset	11
3.1 Alapohjat	11
3.2 Ulkoseinät	12
3.3 Väliseinät	13
3.4 Välipohjat	14
3.5 Yläpohjat ja vesikate	15
4 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset	16
4.1 Painesuhteet	16
4.2 Sisäilman olosuhteet	16
4.3 Teolliset mineraalikuidut	16
4.4 VOC-sisäilmanäytteet	16
5 Ilmanvaihtojärjestelmien tutkimukset	17
5.1 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja teolliset mineraalikuidut	17
5.2 Ilmamäärämittaukset	17
5.3 Ilmanjaon tutkimukset	17
6 Tulosten raportointi	18
7 Aikataulu	18
Allekirjoitukset	18
Liitteet	18
Kirjallisuus	18

1 Yleistiedot

Tutkimuskohde

Turun Lyseon koulu, A- ja B-rakennukset
Varusmestarintie 19, 20360 TURKU

Rakennusvuosi: 2020 (nykyisellä paikalla, elementit aiemmin käytössä 2016 alkaen)
Kerrosala: A-rakennus 1435 m²; B-rakennus 1316 m²
Tilavuus: A-rakennus 5460 m³; B-rakennus 4985 m³

Tilaaja

Johanna Kaipia, sisäilma-asiantuntija
p. 040 489 4574

Turun kaupunki, tilapalvelut
Linnankatu 90 E, 20100 TURKU

Muut yhteyshenkilöt

Janne Järvinen, tekninen isännöitsijä, Parmaco Oy

Tutkimusten vastuhenkilö

Vesa Koskinen, projektijohtaja, FT
rakennusterveysasiantuntija C-21529-26-15

Sirate Group Oy, Lemminkäisenkatu 59, 20520 TURKU
vesa.koskinen@sirategroup.fi, p. 040 648 2244

Tutkimushenkilöt

Vesa Koskinen, Mika Mantere, Suvi Kajanen, Ville Norri, Sirate Group Oy

Laboratoriot

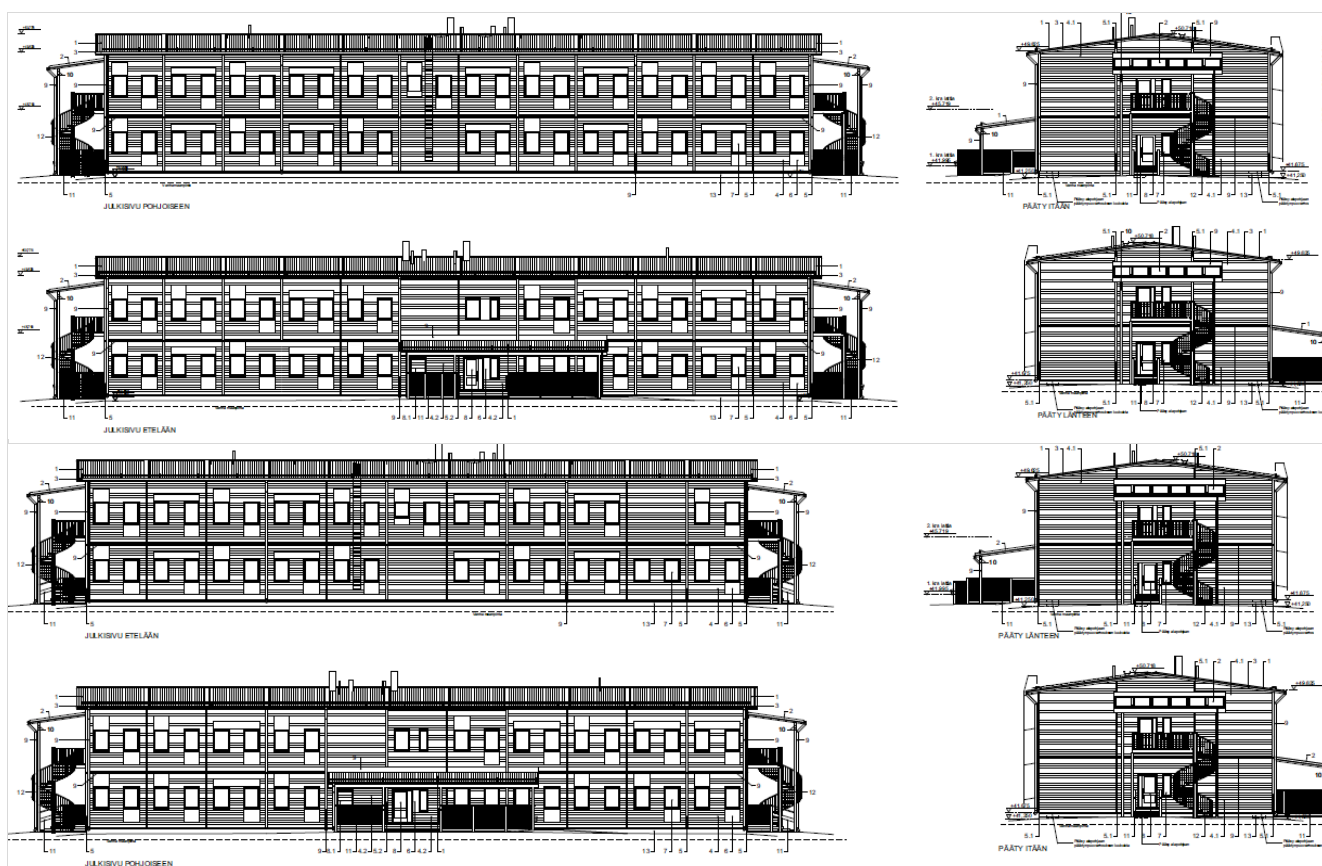
Turun yliopisto, Aerobiologian yksikkö (Mikrobit, teolliset mineraalikuidut)
Työterveyslaitos, Työympäristölaboratoriot (VOC)

1.1 Tutkimuksen lähtökohta ja tavoite

Turun Lyseon koulu on toiminut vuodesta 2020 tilaelementeistä rakennetuissa väistötiloissa A–D. Näistä A- ja B-rakennusten käyttäjillä on esiintynyt oireita, joiden on epäilty liittyvän sisäilman laatuun. Haittailmoituksia sisäilmasta on alkanut tulla A-rakennuksessa vuodenvaihteessa 2021–22 tapahtuneen vesivahingon korjauksen jälkeen. A- ja B-rakennuksissa on vuodenvaihteen 2023–2024 aikoihin uusittu alkuperäinen tilakohtainen ilmanvaihto (Hallintosiipeä lukuun ottamatta) keskitetyksi järjestelmäksi. Kevään 2024 aikana uusitun ilmanvaihdon koettiin toimivan hyvin, mutta syksystä alkaen se on koettu riittämättömäksi. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää A- ja B-rakennusten sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät.

1.2 Tutkimuskohteen yleiskuvaus

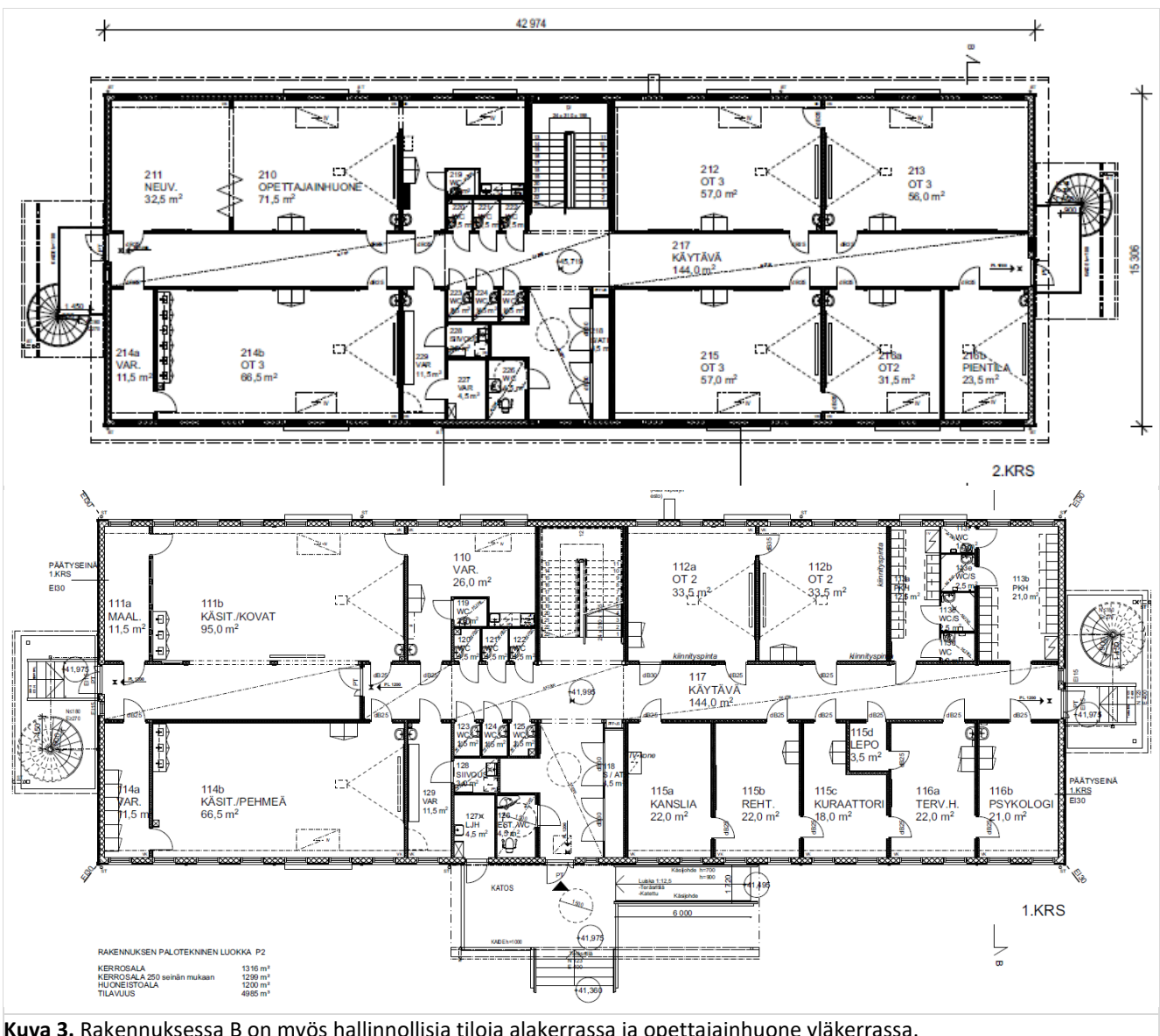
Turun Lyseon koulun väistötiloina on vuodesta 2020 toiminut neljä siirtokelpoista tilaelementtiä, joista tämä tutkimussuunnitelma koskee kahta (Rakennukset A ja B). Tilaelementit ovat valmistuneet vuonna 2016 ja toimineet toisessa paikassa ennen siirtoa nykyisille paikoilleen. Ulkoisesti lähes samannäköiset rakennukset on sijoitettu tasamaalle, koulun kentälle (kuva 1). A-rakennus on kokonaan opetuskäytössä luokkatiloina, alakerrassa on teknisen työn tilat ja yläkerrassa kuvataiteen (kuva 2). B-rakennuksessa on opetustilojen lisäksi hallinnon tiloja (Kuva 3). Kummassakin rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, jossa alkuperäiset tila-kohtaiset ilmanvaihtokoneet korvattiin vuodenvaihteessa 2023–24 keskitetyllä järjestelmällä B-rakennuksen hallinnon tiloja lukuun ottamatta. Sähkökatkon vuoksi usean A-rakennuksen alkuperäisen ilmanvaihtokoneen vesipatterit jäätivät joulukuussa 2021 ja aiheuttivat laajahkon vesivahingon.



Kuva 1. Rakennusten julkisivut eri ilmansuuntiin, yllä A-rakennus ja alla B-rakennus.



Kuva 2. Rakennuksen A molemmat kerrokset ovat opetuskäytössä.



Kuva 3. Rakennuksessa B on myös hallinnollisia tiloja alakerrassa ja opettajainhuone yläkerrassa.

Pääasialliset rakennerratkaisut

Rakennukset on perustettu ryömintätilaisena routimattomalle maapohjalle betonisten perustuspalkkien varaan (kuva 4). Rakennusten ala-, väli- ja yläpohjat ovat kertopuurunkoisia ja lämmöneristeenä on mineraalivilla. Suun- Rakennesuunnitelmien mukaan levyntaiset yläpohjatasot toimivat vaakapalkkeina, jotka siirtävät vaakavoimat pystyjäykisteinä toimiville levyntaisille ulko- ja väliseinille. Ulko- ja väliseinät ovat puurunkoisia kipsilevyseiniä, julkisivut puupaneloituja.

- Työterveyshuollon raportti Turun Lyseon koulun Runosmäen yksikön väistötiloihin syyskuussa 2024 tehdystä sisäilmakyselystä sekä lausunto sisäilman laadun terveydellisestä merkityksestä, Länsirannikon Työterveys, 20.9.2024

1.3.2 Tutkimuskohteessa aiemmin tehdyt selvitykset

Turun ympäristöterveyden valvontasuunnitelman mukaisessa tarkastuksessa huhtikuussa 2022 todettiin koulun siirtyneen väistötiloihin kolmeen tilaelementtiin vuonna 2020 (ruokala neljännessä elementissä). A-rakennusta käyttivät vuosiluokat 7–9 ja B-rakennusta 4–6. A-rakennuksessa todettiin joulun 2021 aikoihin tapahtuneen vesivahinko ilmanvaihtokoneiden jäätyminen seurauksena. Kastuneet tilat otettiin pois käytöstä ja kuivattiin. A-rakennuksen eteisen katon akustiikkalevyissä havaittiin vanhoja kosteuden jälkiä. Kastuneet akustiikkalevyt määrättiin uusittaviksi. Tilojen ulkoilmavirtojen perusteella tehty mitoitus todettiin oikeaksi käyttäjämäärään nähden. Koneellisen ilmanvaihdon osalta ei havaittu puutteita, mutta ilmamäärien suunnitelmanmukaisuus tuli varmistaa mittauksin seuraavan puhdistuksen yhteydessä. Sisäilman laadusta ei ollut tullut ympäristöterveyteen yhteydenottoja.

Kiinteistökuivauksen mittaustyöselostuksessa todettiin Recover Nordic tarkastusraporttiin (ei käytettävissä) viitaten A-rakennuksen kuuden tuloilmakoneen vesipatterien jääntyneen ja haljenneen (havaittu 7.12.2021), minkä seurauksena vettä oli valunut tilojen lattioille. Seinärakenteiden todettiin kastuneen alakerran tiloissa 111(a+b), 114a, 112–113, 117 ja 116 sekä 2. kerroksessa 211b ja porrashuoneen vastaisessa aulassa (Raporteissa kastuneiksi ja korjatuiksi merkityt seinärakenteet on merkitty tämän tutkimussuunnitelman liitteenä oleviin pohjakuviin). Lattiarakenteista ei suhteellisen kosteuden mittauksin havaittu poikkeamia. Kastuneilta seinänosilta uusittiin mineraalivillaeristeet ja levytykset, kastuneet puurakenteet kuivattiin. Korjaustyöt on dokumentoitu työselostuksessa valokuvoin.

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen (Raksystems) vaiheen 1 lähtötiedoissa todettiin tutkimuksen syyksi mahdollisesti sisäilmaan liittyvä oireilu, jota osa käyttäjistä oli kokenut osassa A-rakennuksen tiloja. Ensimmäiset ilmoitukset sisäilmaan liittyvistä ongelmista saatiin käyttäjiltä syksyllä 2022. Ennen tutkimuksia tehdystä sisäilmastokyselyssä ongelmallisiksi koettiin melu, tunkkainen ilma, riittämätön ilmanvaihto, pöly ja lika sekä vaihteleva huonelämpötila. Tutkimuksessa havaittiin 8 yksittäistä kosteuden aiheuttamaa jälkeä, joiden perusteella arvioitiin, että rakenteisiin oli jäänyt korjaamattomia kosteusvaurioita joulukuun 2021 vesivahingoista. Osan jäljistä arveltiin syntyneen elementtien irrotuksen yhteydessä sitä purettaessa alkuperäiseltä sijainnistaan. Ilmanvaihto oli ilmamääriltään riittävä ja vastasi suunnitteluarvoja, mutta tuloilman jaossa arveltiin olevan puutteita. Kahdessa tilassa huonelämpötilojen mitattiin olevan välillä 23,5–24,5 °C oppituntien jälkeen. Paine-ero ulkoilmaan vaihteli välillä -2...-6 Pa. Rakenneavauksia suositeltiin luokkien 211b ja 111 b väliseen välipohjaan, luokan 113 ja sen vessojen alapohjarakenne ja vessojen seinien alaosat, luokan 114a alapohja ulkoven ympäristöstä. Ilmavuotoja suositeltiin paikantamaan lämpökuvauksella ja merkkiainetutkimuksilla ja ilmanjako savukokeilla.

Jatkotutkimuksen (Raksystems 19.1.2023) Havaintojen perusteella putkikotelojen kosteusjälkien arvioitiin aiheutuneen lämpöjohtojen liitosten vuodoista. Putkikoteloissa havaittiin pieniä määriä pinnoittamatonta mineraalivillaa. Rakenneavauksissa ei havaittu viitteitä kosteusvaurioista eikä niiden kautta otetuissa materiaalinäytteissä esiintynyt poikkeavaa mikrobistoa. Tutkimusta jatkettiin toukokuussa 2023 alapohjan tarkastuksella ryömintätilasta. Tässä havaittiin, että alapohjarakenteen alapinnan tuulensuojalevyjen kaikkia saumoja ei ollut tuettu laudoilla. Tämän vuoksi tilaelementtien välisiä lämmöneristeitä ja kumitiivisteitä oli irronnut ja pieneläimiä päässyt alapohjan eristetilaan.

Rakennuksista B ja C kartoitettiin helmikuussa 2023 (Raksystems 23.2.2023) putkikoteloiden mahdollisia mineraalikuilutähteitä. Kartoituksessa havaittiin putkieristeiden asennuksissa puutteita. Lisäksi ainakin B-rakennuksessa seinien putkiläpiviennit olivat tiivistämättömiä.

Työterveyshuollon lausunnossa sisäilman laadun terveydellisestä merkityksestä todettiin työterveydessä käyneen 4 työntekijää. Kuntotutkimusraporteista merkittävimmiksi löydöiksi mainittiin näkyvät kosteusvauriot ja putkikoteloiden mahdollinen teollinen mineraalikuitu ja pöly. Yhteenvedona suositeltiin toteuttamaan kosteusvaurioituneiden rakenteiden korjaukset kosteusvaurioihin liitettyjen terveydellisten riskien vuoksi. Lisäksi suositeltiin teollisten mineraalikuittujen mittausta.

Teollisten mineraalikuittujen esiintymistä A-rakennuksen sisäilmasta selvitettiin kahden viikon laskeumanäytteistä (Raksystems 3.4.2023). Näytteet kerättiin yhdeksästä tilasta, kaikissa huonepintojen sijaan petrimaljoilta. Kaikista tutkituista huoneista osalla maljoista havaittiin kuituja. Mittausajankohdan mukaisen Asumisterveysasetuksen Soveltamisohjeen osan 3 mukaisella tulkinnalla, toimenpideraja ei yhdessäkään tilassa kuitenkaan ylittynyt mittausepävarmuus huomioituna. (Toukokuun 2024 päivytyksessä tulkintaohjetta muutettiin siten, että kaikkiaan otetuista 26 näytteestä kahdessa toimenpideraja olisi ylittynyt.)

Katselmuspöytäkirjassa (Kattava 2023) on lähinnä valokuvien dokumentoituja kattovuodon korjauksia. Yhteenvedossa todettiin veden päässeen kovalla sateella harjapellin alta aluskatteelle kohtaan, jossa aluskate oli väärin asennettu. Kastuneet villat ja kipsilevy uusittiin ja vuotoreitti korjattiin. Pöytäkirjasta ei käy ilmi vuotopaikka eikä rakennus.

Tilaaajalta saadun tiedon mukaan A-rakennukseen uusittiin ilmanvaihto kokonaan, B-rakennukseen hallintosiipeä lukuun ottamatta vuodenvaihteen 2023–2024 aikoihin. Aikaisempi tilakohtainen ilmanvaihto korvattiin keskiteyllä järjestelmällä, jonka piirustukset olivat tätä suunnitelmaa laadittaessa käytettävissä. Keväällä ilmanvaihdon koettiin toimivan hyvin, mutta syksyllä 2024 ilmanvaihto on koettu riittämättömäksi. Arviointikäynnillä ilmanvaihdon riittämättömyyteen liittyvät havainnot tulivat esille muutamaa yksittäistä tilaa lukuun ottamatta.

A-rakennuksen tulo- ja poistoilmamäärät säädettiin ja mitattiin 27.1.2024. Pöytäkirjan mukaan toteutuneet ilmamäärät vastaavat hyvin suunnitelmia, yksittäisissä päätelaitteissa oli 1. kerroksessa enimmillään 4 % eroja, eri ilmanvaihtokoneiden kokonaisilmamäärissä alle 1 %. Toisen kerroksen käytävän tuloilmamäärät jäivät yhteensä n. 9 l/s vaadittua pienemmäksi (suunnitellusti yhteensä 160 l/s).

B-rakennuksen ilmamäärät ovat 18.4.2024 päivätyn mittauspöytäkirjan mukaan erot säädettyjen ja vaadittujen ilmamäärien välillä olivat myös pieniä. Yksittäisissä päätelaitteissa enimmillään 9 %, kokonaisilmamäärissä koneittain 0–4 %.

Työterveyshuollon syyskuussa 2024 tekemässä sisäilmakyselyssä yli 90 % vastaajista koki sisäilmasta johtuvan haitan sekä mahdollisesti johtuvan oirehtimisen suurena kuormitustekijänä. Suurimmaksi ongelmaksi koettiin huono tai riittämätön ilmanvaihto (100 % vastaajista). Sisäilman koettiin sekä liian kuumaksi (85 % usein) ja kuivaksi (79 %) mutta toisinaan myös liian kylmäksi (74 %). Kosteusvaurioon viittaavista hajuista ilmoitti 41 % ja muista epämiellyttävistä hajuista 74 %. Pölyisyyttä koettiin esiintyvän melko usein. Vastaajista 94 % raportoi ylähengitystieoireista, joita valtaosa koki päivittäin tai melko usein. Alahengitystie-, silmä- ja iho-oireita koko yli 70 % vastaajista. Toistuvaa raksasta oloa tai väsymystä ja päänsärkyä raportoi n. 90 % vastaajista.

Työterveyshuollon lausunnon perusteella: ”Tutkimuksissa ei ole tehty sellaisia löydöksiä, jotka muuttaisivat työterveyshuollon arviota sisäilman laadun terveydellisestä merkityksestä. Tehtyjen korjausten jälkeen sisäilman laadussa ei ole toistaiseksi todettu mitään, mikä aiheuttaisi terveyden menettämisen vaaraa. Koska oireilua kuitenkin esiintyy laajasti työntekijöiden keskuudessa ja sisäilmailmoituksia on tehty varsin runsaasti, työterveyshuolto pitää tärkeänä, että tiloja tutkitaan tarkoituksenmukaisesti sisäilmatyöryhmän arvion perusteella ja näiden tutkimusten perusteella arvioidut mahdolliset tarvittavat korjaukset tehdään asianmukaisesti.”

1.3.3 Olosuhdeseurannat (Turun kaupunki)

Turun kaupunki on seurannut molemmissa rakennuksissa yksittäisten tilojen sisäilman olosuhteita (lämpötila, suhteellinen kosteus ja hiilidioksidipitoisuus sekä muutamassa tilassa TVOC) noin vuoden ajan. A-rakennuksen

toisessa kerroksessa lämpötilat ovat seurannan perusteella loka-marraskuussa 2024 pysyneet hyvin välillä 20–22 °C. Ensimmäisen kerroksen tiloissa vaihtelu on ollut huomattavasti suurempaan ja tilan 116 lämpötila olisi mittausdatan perusteella ollut jatkuvasti välillä 17–20 °C. B-rakennuksen lämpötilamittauksissa vaihtelut ovat A-rakennusta suuremmat, vaihtelu välillä +14–24 °C. Mittaustulos ei vastaa arviointikäynnin havaintoja ja selittyy kaupungin sisäilma-asiantuntijalta saadulla tiedolla, jonka mukaan mittarit ovat olleet lähellä ikkunoita, koska niiden pääasiallinen tarkkailtava asia on ollut paine-ero. Tämän vuoksi lämpötilatulokset eivät ole luotettavia, koska ikkunoita on pidetty usein auki.

Hiilidioksidimittauksissa pitoisuudet ovat nousseet A-rakennuksessa koulupäivän aikana enimmillään n. 1000 ppm ja B-rakennuksessa säännöllisesti n. 1000–1200 ppm. Yksittäisiä ylityksiä lukuun ottamatta pitoisuudet ovat olleet selvästi alle Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan.

2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa käytettävät tutkimusmenetelmät on esitetty alla tiivistetysti. Yksityiskohtaisesti ne esitetään tutkimusraportissa.

Rakenne ja kosteustekniset tutkimukset

- **Kosteusmittaukset**
 - Puurakenteisessa rakennuksessa pintakosteudenosoittimella poikkeavien kosteusalueiden havaitsemiseksi. Tarkastuksen yhteydessä kirjataan mm. näkyvät kosteusvauriot ja muut aistinvaraisesti havaitut rakennuksen sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät.
 - Kosteuspoikkeama-alueille tehdään tarvittaessa tarkkoja viilto- ja rakennekosteusmittauksia.
- **Rakenneavauksin** todetaan erityisesti päärakennetyyppien liittymien toteutus. Rakenteiden kunto arvioidaan aistinvaraisesti, materiaalinäyttein ja kosteusmittauksin. Avauspaikat määräytyvät ilmavuotokartoituksen (lämpökuvaus) ja muiden havaintojen perusteella.
- **Materiaalinäytteiden mikrobiologista** kuntoa analysoidaan suoraviljelymenetelmällä ja tulokset tulkitaan Asumisterveysasetuksen (1) ja sen soveltamisohjeen (2) mukaisesti.
- **Lämpökuvauksella** selvitetään rakennuksen ulkovaipan ilmavuotoreittejä RT 14-11239-ohjekorttia (3) soveltaen. Kuvaus tehdään tehostetussa alipaineessa (-10 Pa), mikäli käytönaikainen alipaine ei ole tätä suurempi. Tutkimuksen apuna käytetään tarvittaessa merkkisavua ja/tai -ainetta.

Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset

- **Paine-eroseurannoin** selvitetään ilman kulkusuuntaa sekä ilmanvaihdon toimintaa. Alustavat mittauspaikat on esitetty liitteen 2 pohjakuvissa. Tuloksia verrataan Asumisterveysasetuksen (1) ja sen soveltamisohjeen (2) ohjearvoihin, uusissa rakennuksissa myös Ilmanvaihtoasetuksen (4) ja siihen perustuvan oppaan (5) suunnitteluarvoihin.
- **Olosuhdeseurannoilla** selvitetään sisäilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta. Tuloksia verrataan Asumisterveysasetuksen (1) toimenpiderajoihin ja/tai Sisäilmastoluokituksen 2018 (6) tavoitearvoihin.
- **Teollisten mineraalikuitujen** esiintymistä huonepinnoilla selvitetään kahden viikon aikana laskeutuneesta pölystä vuonna 2024 päivitetyn Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2) osan III mukaisesti. Tuloksia verrataan Asumisterveysasetuksen (1) toimenpiderajaan.
- **Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC)** kokonaispitoisuus (TVOC) sekä yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet määritetään sisäilmasta kerättävillä VOC-ilmanäytteillä. Näytteet analysoidaan akkreditoidussa laboratoriossa. Tulokset tulkitaan Asumisterveysasetuksessa (1) annettujen toimenpiderajojen perusteella soveltamisohjetta (2) noudattaen sekä toimistotyyppisissä ympäristöissä Työterveyslaitoksen antamien viitearvojen perusteella (7; 8).

Ilmanvaihdon selvitykset

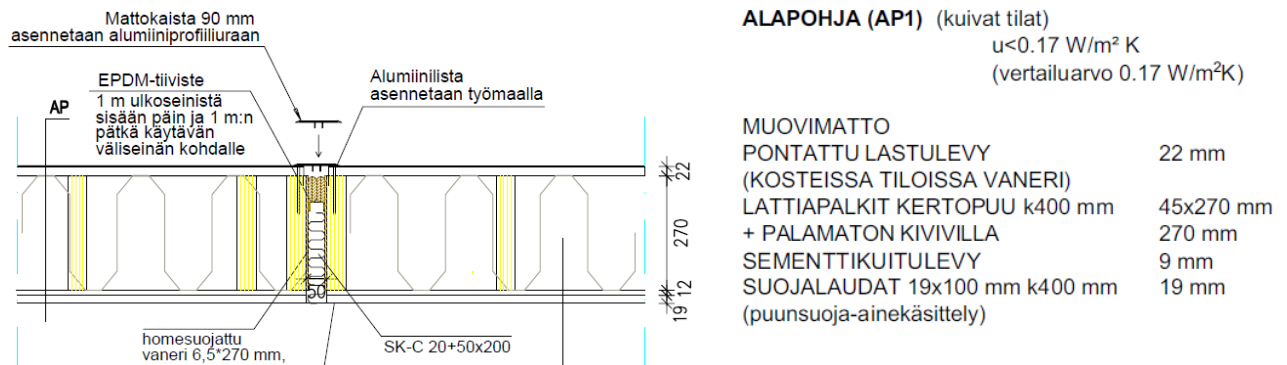
- **Tulo- ja poistoilmamääriä mitataan** pistokoemaisesti päätelaitteista vai kanavista. Tuloksia verrataan suunnitteluarvoihin, Asumisterveysasetukseen (1) ja sen soveltamisohjeeseen (2) sekä Ilmanvaihtoasetuksen (4) ja siihen perustuvan oppaan (5) suunnitteluarvoihin.
- **Ilmanjaon toimintaa** tarkastellaan savukokein. Tämän tueksi mitataan tuloilman lämpötilaa seuranta-mittauksin samanaikaisesti olosuhdeseurantojen kanssa.
- **Ilmanvaihtojärjestelmän puhtautta** ja mahdollisia teollisten mineraalikuitujen lähteitä selvitetään pistokoemaisesti tehtävin visuaalisin tarkastuksin LVI 39-10409-ohjekorttia (9) soveltaen. Visuaalisen tarkistuksen tueksi kerätään geeliteippinäytteitä tuloilmakanavista.

3 Rakennetekniset tutkimukset

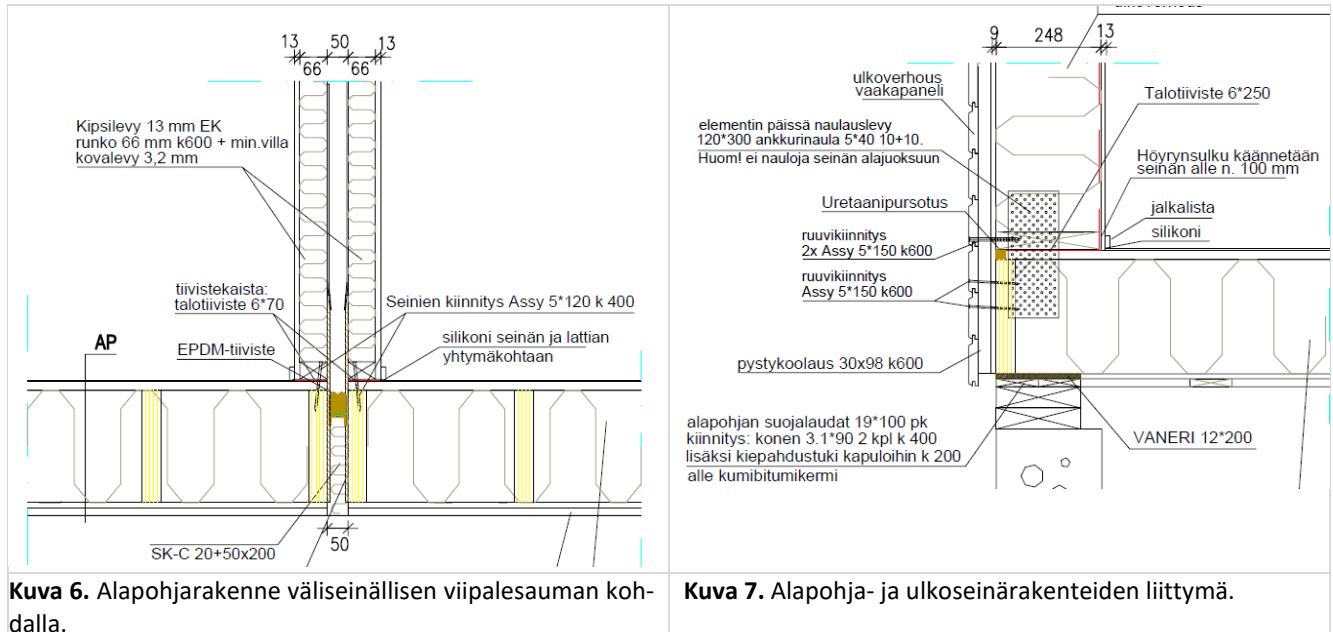
3.1 Alapohjat

Rakenne ja riskit

Lähtötietojen mukainen alapohjarakenne on esitetty kuvassa 5. Aiempien kuntotutkimusten perusteella rakenne vastaa suunnitelmia. Aiemmassa alapohjatarkastuksessa osa suojalautoista oli puuttunut, minkä vuoksi pieneläimiä oli päässyt alapohjan eristetilaan.



Kuva 5. Alapohjarakenne AP1 avoviipalesauman kohdalta. Märkätilojen rakenteessa AP2 lastulevy on korvattu 18 mm vanerilla.



Kuva 6. Alapohjarakenne väliseinällisen viipalesauman kohdalla.

Kuva 7. Alapohja- ja ulkoseinärakenteiden liittymä.

Alapohjarakenne on kosteusteknisesti toimiva. Pitkäaikaisessa poikkeavassa kosteusrasituksessa (ei havaittu aiemmissa tutkimuksissa) alapohjamateriaalien kosteus- ja mikrobivaurioituminen on mahdollista, minkä vuoksi ryömintätilan riittävästä tuuletuksesta tulee huolehtia. Sisäilman laadun kannalta merkittävä tekijä voi olla alapohjarakenteiden mahdolliset ilmavuodot esim. liitoskohdista (kuvat 6 ja 7), joiden mukana rakenteesta tai maa-perästä voi kulkeutua epäpuhtauksia sisätiloihin. Toukokuun 2023 ryömintätilan tarkastuksessa havaittiin useiden kumitiivistien (EPDM-eteeni-propeenikumi) irronneen saumoista.

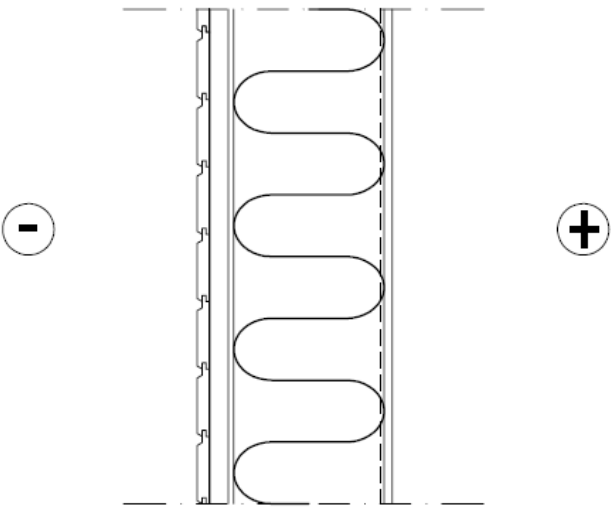
Tehtävät tutkimukset:

- Alapohjan ilmapuodot kartoitetaan kummassakin rakennuksessa lämpökuvauksella, jonka apuna käytetään tarvittaessa merkkiaine- ja -savututkimuksia. Ilmapuototutkimukset tehdään -10 Pa alipaineessa tai tätä voimakkaammassa käytönaikaisessa painesuhteessa.
- Erilaiset alapohjan liittymärakenteiden toteutus tarkastetaan pistokoemaisiin rakenneavauksin, joiden sijainti määräytyy ilmapuototutkimusten ja mahdollisten aistinvaraisten havaintojen perusteella.
- Rakenneavausten ja olosuhteiden salliessa ryömintätilasta tehtävän tarkastuksen kautta arvioidaan alapohjarakenteen kuntoa. Arviota voidaan tarvittaessa täydentää kosteusmittauksin ja materiaalinäyttein (varaus yhteensä 10 materiaalinäytteelle).

3.2 Ulkoseinät

Rakenne ja riskit

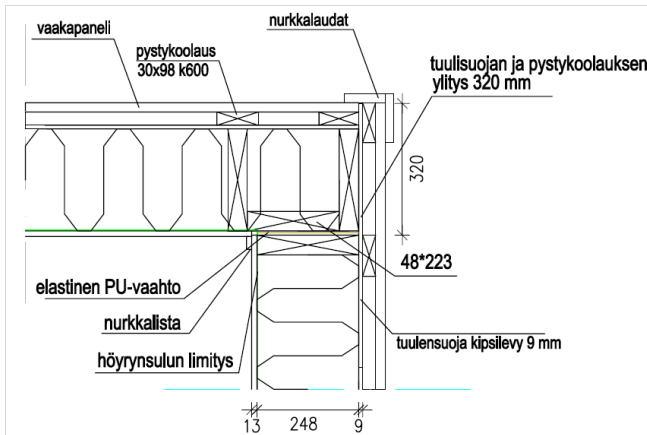
Suunnitelmien mukainen ulkoseinärakenne on esitetty kuvassa 8. Rakenne on kosteusteknisesti toimiva, tuuletuva puurunkoinen kipsilevyseinä. Kuten alapohjankin osalta, sisäilman laadun kannalta oleellista on rakenteen liitosten ja höyrynsulun ilmatiiviys (kuvat 9 ja 10).

	ULKOSEINÄ (US1)		$u < 0.17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (vertailuarvo $0.17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$)
	KIPSILEVY EK	13 mm	
	HÖYRYNSULKUMUOVI SFS 4225		
	PYSTYRUNKO	48x245 mm	
	+ PALAMATON KIVIVILLA	250 mm	
	TUULENSUOJAKIPSILEVY	9 mm	
	PYSTYKOOLAUS k600 mm	30x98 mm	
	PANELOINTI VAAKA	23*175 mm	

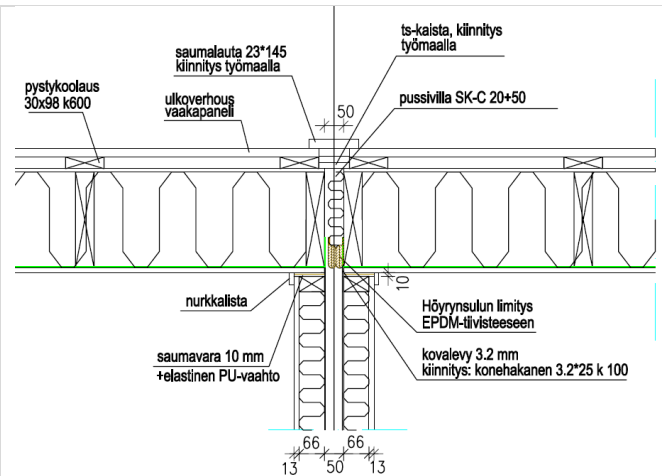
Kuva 8. Lähtötietojen mukainen ulkoseinärakenne US1.

Tehtävät tutkimukset:

- Ulkoseinän ilmapuodot kartoitetaan kummassakin rakennuksessa lämpökuvauksella.
- Liitosten toteutus tarkastetaan pistokoemaisesti rakenneavauksin, joiden yhteydessä tarkastetaan rakenteen kunto aistinvaraisesti ja tarvittaessa kosteusmittauksin sekä materiaalinäyttein (varaus yhteensä 10 näytettä)



Kuva 9. Ulkoseinäliitos ulkonurkassa.

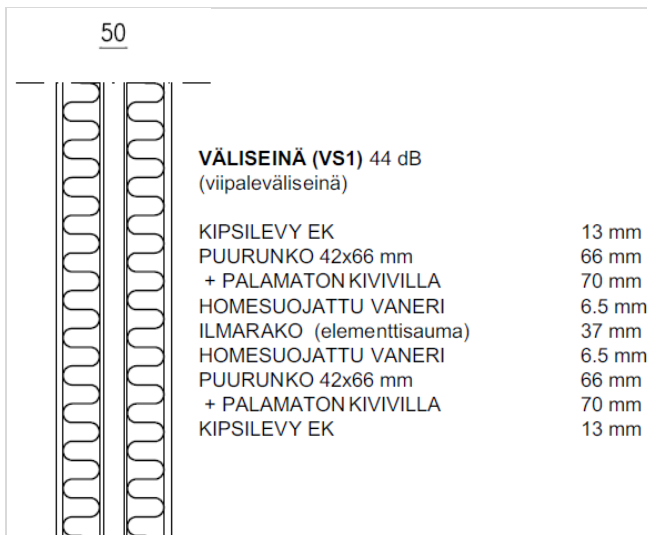


Kuva 10. Ulkoseinärakenne viipalesauman kohdalla.

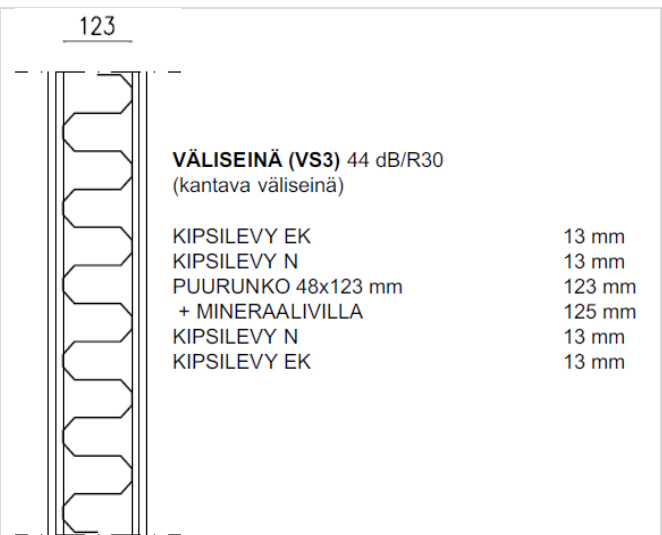
3.3 Väliseinät

Rakenne ja riskit

Lähtötietojen perusteella rakennuksissa on sekä huoneiden että elementtien välisiä väliseiniä. Elementtien välisten viipaleväliseinien (VS1) rakenne on esitetty kuvassa 11, sen liittymä alapohjaan kuvassa 6 ja huoneiden välisten kantavien väliseinien (VS3) rakenne kuvassa 12. Ei-kantavassa väliseinässä (VS2) puurungon vahvuus on pienempi ja rungon ja kipsilevyjen välissä on 12 mm vanerit. Kaikissa väliseinissä on eristeenä mineraalivillaa.



Kuva 11. Elementtien välisen ns. viipaleväliseinän rakenne.



Kuva 12. Huoneiden välisten kantavien väliseinien rakenne.

Huoneiden välisten seinien materiaalit voivat vaurioitua poikkeavan kosteusrasituksen (vesivahinko) seurauksena. Riski elementtien välisten viipaleväliseinien kastumiselle on huoneiden välisiä seiniä suurempi rakennuksen purku-, siirto- ja rakennusvaiheessa, mikäli näissä sääsuojaus on pettänyt.

Tehtävät tutkimukset:

- Ilmavuodot väliseinärakenteiden kautta kartoitetaan kummassakin rakennuksessa pistokoemaisesti tehtävin merkkiainetutkimuksin. Tutkimuksissa hyödynnetään lämpökuvauksella mahdollisesti havaittuja ala- ja yläpohjan ilmavuotoja väliseinien kohdilta.

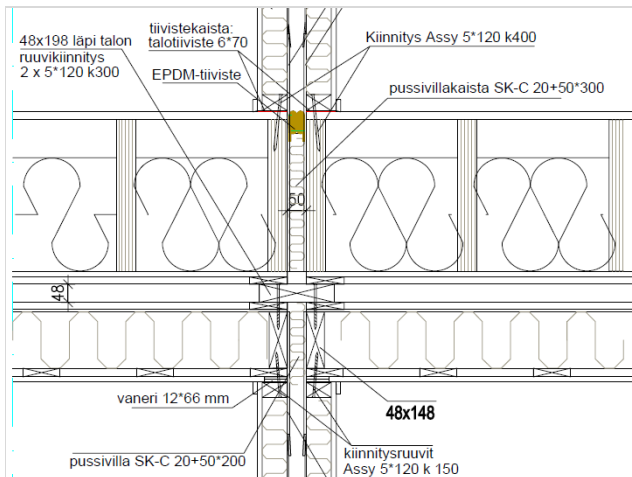
- Liitosten toteutus tarkastetaan pistokoemaisesti rakenneavauksin, joiden yhteydessä tarkastetaan rakenteen kunto aistinvaraisesti ja tarvittaessa kosteusmittauksin sekä materiaalinäyttein (varaus yhteensä 20 näytettä)

3.4 Välipohjat

Rakenne ja riskit

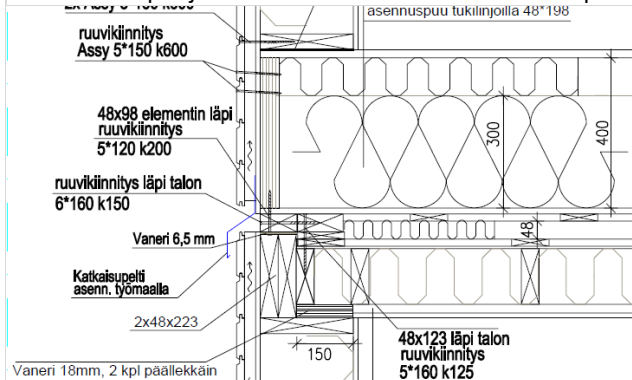
Rakennuksen suunnitelmien mukainen välipohjarakenne on esitetty kuvassa 13. Elementtirakenteen vuoksi välipohja on tavanomaista paksumpi, kosteusteknisesti kuitenkin toimiva. Vesivahingon yhteydessä rakenteessa on useita kerroksia, alimpana höyrynsulkumuovi, joita pitkin vesi voi levitä kauaskin vuotokohdasta. Vettä voi myös jäädä piiloon rakenteeseen ilman näkyviä vaurioita viittä rakenteen alapinnassa. Aiemmissa A-rakennuksen tutkimuksissa viitteitä välipohjarakenteen kastumisesta ei havaittu viitteitä.

Ilmanvaihdon ollessa tasapainossa, välipohjarakenteen yli ei muodostu voimakasta paine-eroa. Termisen paineeron eli ns. hormi- tai savupiippuvaikutuksen vuoksi huoneen alaosa on ulkoilmaan verrattuna huoneen yläosaa alipaineisempi. Tällöin ilmaa kulkeutuu välipohjarakenteesta ilmapuoreittien kautta ensisijaisesti yläkerran tiloihin. Ilmapuodot asennuspuun kautta ala- ja yläkerran elementtien väliin voivat vaikuttaa painesuhteisiin ja ilman liikkeisiin rakenteessa.

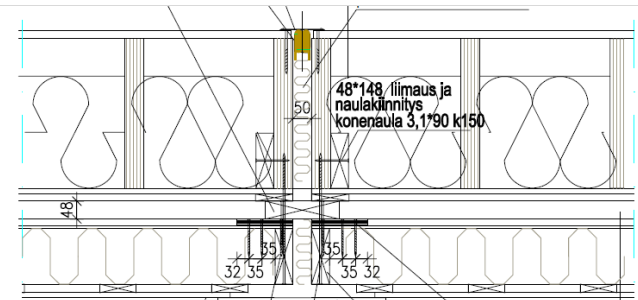


MUOVIMATTO	
LASTULEVY	22 mm
KERTOPUU k400 mm	51x400 mm
+ MINERAALIVILLA	300 mm
PALOKIPSILEVY	15 mm
HARVALAUTA 19x100 mm k400	19 mm
ASENNUSPUUT TUKILINJOILLA	48x198 mm
HARVALAUTA 19x100 mm	19 mm
HAVUVANERI	6,5 mm
RUNKO 42x148 mm k600	
+ MINERAALIVILLA	150 mm
HÖYRYNSULKUMUOVI SFS 4225	
ALUSRUOTEET 23x120 mm k400	23 mm
AKUSTOLEVY / KIPSILEVY	13 mm

Kuva 13. Välipohjarakenne elementtien liitoksessa viipaleväliseinän kohdalla.



Kuva 14. Välipohjarakenteen ulkoseinäliittymä.



Kuva 15. Välipohjarakenne elementtisaumassa.

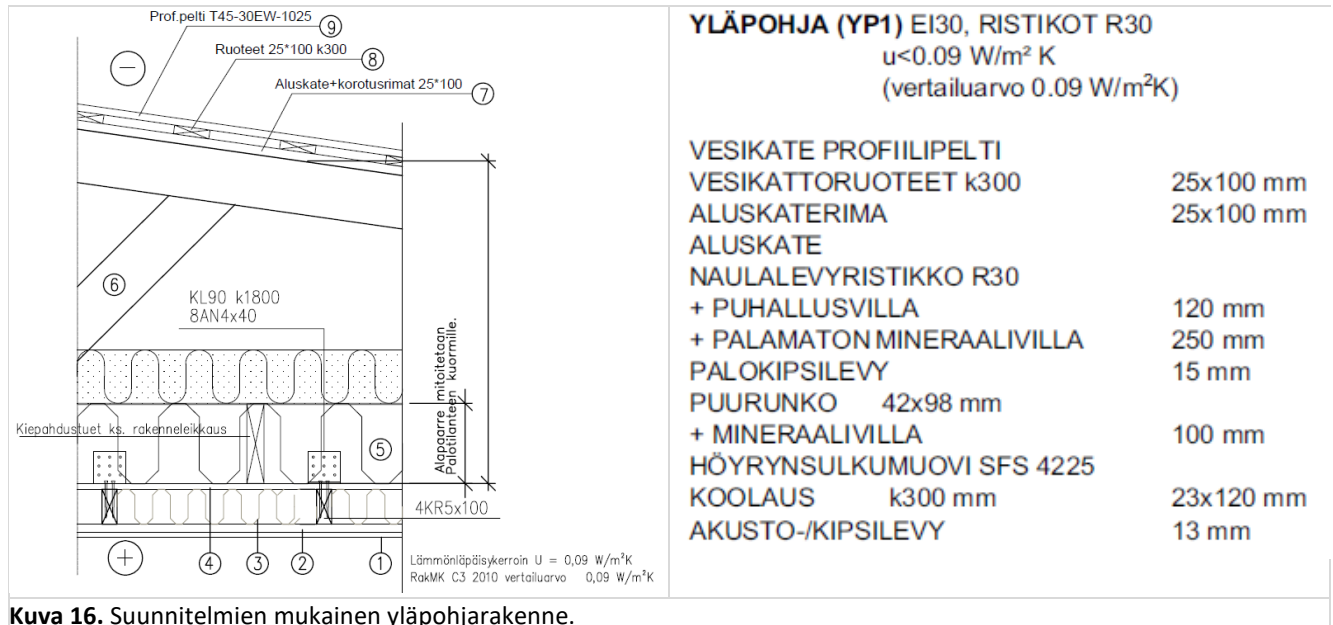
Tehtävät tutkimukset:

- *Välipohjarakenteen ja sen liitosten toteutus tarkastetaan pistokoemaisesti rakenneavauksin, joiden yhteydessä tarkastetaan rakenteen kunto aistinvaraisesti ja tarvittaessa kosteusmittauksin sekä materiaalinäyttein (varaus yhteensä 10 näytettä).*
- *Ilmavuodot välipohjarakenteesta selvitetään pistokoemaisesti tehtävin merkkiainetutkimuksin.*

3.5 Yläpohjat ja vesikate

Rakenne ja riskit

Suunnitelmien mukainen yläpohjarakenne on esitetty kuvassa 16. Rakenteen kosteustekniset riskit liittyvät vesikaton vuotoihin, aluskatteen vaurioihin/asennusvirheisiin ja höyrynsulun tiiviyyteen. Syyskuussa 2023 tehdyn kattovuodon katselmuspöytäkirjan (Kattava 2023) perusteella vuodon syy on selvitetty ja poistettu. Pöytäkirjan kuvien perusteella rakenne vastaa suunnitelmia ja yläpohjan puurakenteet ovat hyväkuntoiset.



Tehtävät tutkimukset:

- *Yläpohjan ilmavuodot kartoitetaan lämpökuvauksin tehostetussa alipaineessa (-10 Pa).*
- *Yläpohjarakenteet tarkastetaan mahdollisuuksien mukaan aistinvaraisesti ullakkotiloista käsin. Tarvittaessa eristemateriaaleista otetaan materiaalinäytteitä mikrobianalyysiin (5 kpl).*

4 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset

4.1 Painesuhteet

Ilman kulkusuuntien sekä ilmanvaihdon toiminnan selvittämiseksi tehdään n. 2 viikon mittaisia paine-eroseurantamittauksia rakennuksen ulkovaipan yli eri ilmansuuntiin (yht. 20 kpl). Mittauksia tehdään jokaisesta tutkimuskohteena olevasta kerroksesta 5 kpl. Alustavat mittapisteet on esitetty pohjakuvaliitteessä 2.

4.2 Sisäilman olosuhteet

Sisäilman olosuhteita (lämpötila, hiilidioksidipitoisuus, suhteellinen kosteus) mitataan n. 2 viikon ajan tilojen ja ilmanvaihdon ollessa normaalissa käytössä. Mittapisteitä on 20 kpl, eripuolilta rakennuksia 5 jokaisessa tutkitavassa kerroksessa. Mittauspaikat voidaan valita osittain käyttäjien kokemusten perusteella. Mittausten tueksi tehdään myös tuloilman lämpötilaseurantaa samalla ajanjaksolla.

4.3 Teolliset mineraalikuidut

Aiemmassa A-rakennuksen kuitukartoituksessa (Raksystems 2023) 14 vrk pölylaskeumat kerättiin soveltamisohjeen (2) vastaisesti huonepintojen sijaan muovisilta petrimaljoilta ja tulokset tulkittiin keskiarvoina silloisen ohjeen mukaisesti. Jokaisesta tutkitusta tilasta havaittiin kuitenkin vähintään yksittäisiä kuituja, osassa näytteissä Asumisterveysasetuksen toimenpideraja olisi ylittynyt nykyisen ohjeen mukaisesti yksittäin tulkittuina. Kuitutilanteen selvittämiseksi kerätään kahden viikon laskeumanäytteitä 4 eri tilasta (3 näytettä/tila) kummassakin rakennuksessa.

4.4 VOC-sisäilmanäytteet

Tilat on koettu tunkkaisiksi ja tuoreimmassa sisäilmastokyselyssä 3/4 kyselyyn vastanneista ilmoitti poikkeavasta hajusta. Sisäilman laadun tutkimiseksi otetaan kummastakin rakennuksesta 3 sisäilmanäytettä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (TVOC) sekä yksittäisten yhdisteiden pitoisuuksien määrittämiseksi.

5 Ilmanvaihtojärjestelmien tutkimukset

A-rakennuksen luokkatilojen ilmanvaihto on uudistuksen myötä toteutettu neljällä rakennusautomaatioon kytkeytyllä tulo- ja poistoilmanvaihtokoneella ATK01–ATK04. Ilmeisesti wc-tilojen ilmanvaihto on edelleen alkupe-
räinen. Luokissa ilmajako on toteutettu tilojen keskiosassa sijaitsevin kattohajottajin.

B-rakennuksessa alkuperäinen ilmanvaihto on wc-tilojen lisäksi käytössä 1. kerroksen luoteispäädyssä (mm. hal-
linnon tilat). Näitä tiloja palvelevat tulo-poistoilmakoneet 02TK5–02TK8 sekä poistoilmakone 05PK1. Muissa
opetustiloissa tilakohtaiset ilmanvaihtokoneet on uusittu vastaavasti kuin A-rakennuksessa.

5.1 Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja teolliset mineraalikuidut

Lähtötietojen ja asennusajankohdan perusteella järjestelmässä ei todennäköisesti ole teollisten mineraalikuitu-
jen lähteitä ja suunnitelmien mukaisissa äänenvaimentimissa ei ole käytetty mineraalivillaa. Järjestelmän asen-
nusvaiheessa kuitujen pääsy järjestelmään on kuitenkin ollut mahdollista. Ilmanvaihtojärjestelmää, sen puh-
tautta ja mahdollisia teollisten mineraalikuitujen lähteiden olemassaoloa järjestelmässä selvitetään pisto-
koemaisesti tuloilmakoneisiin ja -kanaviin tehtävin visuaalisin tarkastuksin. Visuaalisen tarkastuksen tueksi ote-
taan geeliteippinäytteitä tuloilmakanavista.

Tehtävät tutkimukset:

- Tarkastetaan tiloja palvelevien tuloilmanvaihtokoneiden kunto, puhtaus, kuitulähteet ja käyntiajat.
- Arvioidaan tuloilmakanavien puhtautta pistokoeluentoisesti tarkastusluukkujen kautta tai päätelait-
teista. Havaintojen tueksi kerätään geeliteippinäytteitä tuloilmakoneista ja -kanavista (10 kpl).

5.2 Ilmamäärämittaukset

Tulo- ja poistoilmamäärät on mitattu ja säädetty alkuvuonna 2024. Ilmamäärät tarkastetaan pistokoemaisin (n.
10 %) ilmamäärämittauksin.

5.3 Ilmanjaon tutkimukset

Kaikissa sisäilmastokyselyn vastauksissa sekä arviointikäynnillä tuotiin esiin ilmanvaihdon riittämättömyys ja
tunne siitä, ettei ilma liiku tiloissa. Ilmanjaon toimintaa selvitetään useassa tilassa tehtävin savukokein. Näiden
tueksi tuloilman lämpötilaa mitataan seurantamittauksin yhteensä 10 tilassa samanaikaisesti olosuhdeseuran-
tojen kanssa. Havainnollisuuden vuoksi olisi hyvä, mikäli osa kokeista voitaisiin toteuttaa ajankohtana, jolloin
käyttäjän edustaja/edustajia pääsisi seuraamaan koetta.

6 Tulosten raportointi

Tulokset raportoidaan ”Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus”-oppaan (10) mukaisesti. Raportti sisältää havaintojen, mittausten ja analyysien tulokset ja tulkinnan, olosuhdearvion sekä johtopäätökset korjaus- tai lisätutkimustarpeesta.

7 Aikataulu

Tutkimukset voidaan aloittaa erikseen sovituksi kahden viikon olosuhdeseurannoilla ja kuitulaskeumanäytteillä tilojen ollessa normaalikäytössä. Rakennetutkimukset aloitetaan tämän jälkeen lämpökuvauksin tehtävin ilma-
vuotokartoituksin ja niihin menee aikaa n. 1 viikko. Laboratorio-analyyseissä menee yleensä noin 2–3 viikkoa. Tutkimusraportti laaditaan kaikkien tutkimusten ja analyysivastausten valmistuttua.

Allekirjoitukset

Turku 20.12.2024

Sirate Group Oy



Timo Murtoniemi
aluejohtaja, FT
Rakennusterveysasiantuntija C-21552-26-15
Sisäilma-asiantuntija C-27594-38-23
Rakennusten lämpökuvaaja C-8819-25-12
Asbesti- ja haitta-aineasiantuntija C-28320-33-24



Vesa Koskinen
projektijohtaja, FT
Rakennusterveysasiantuntija C-21529-26-15
Sisäilma-asiantuntija C-23577-38-17
Rakenteiden kosteuden mittaaja C-20645-24-14
Rakennusten lämpökuvaaja C-27326-25-23

Liitteet

1. Pohjakuvat
2. Ilmanvaihtokuvat

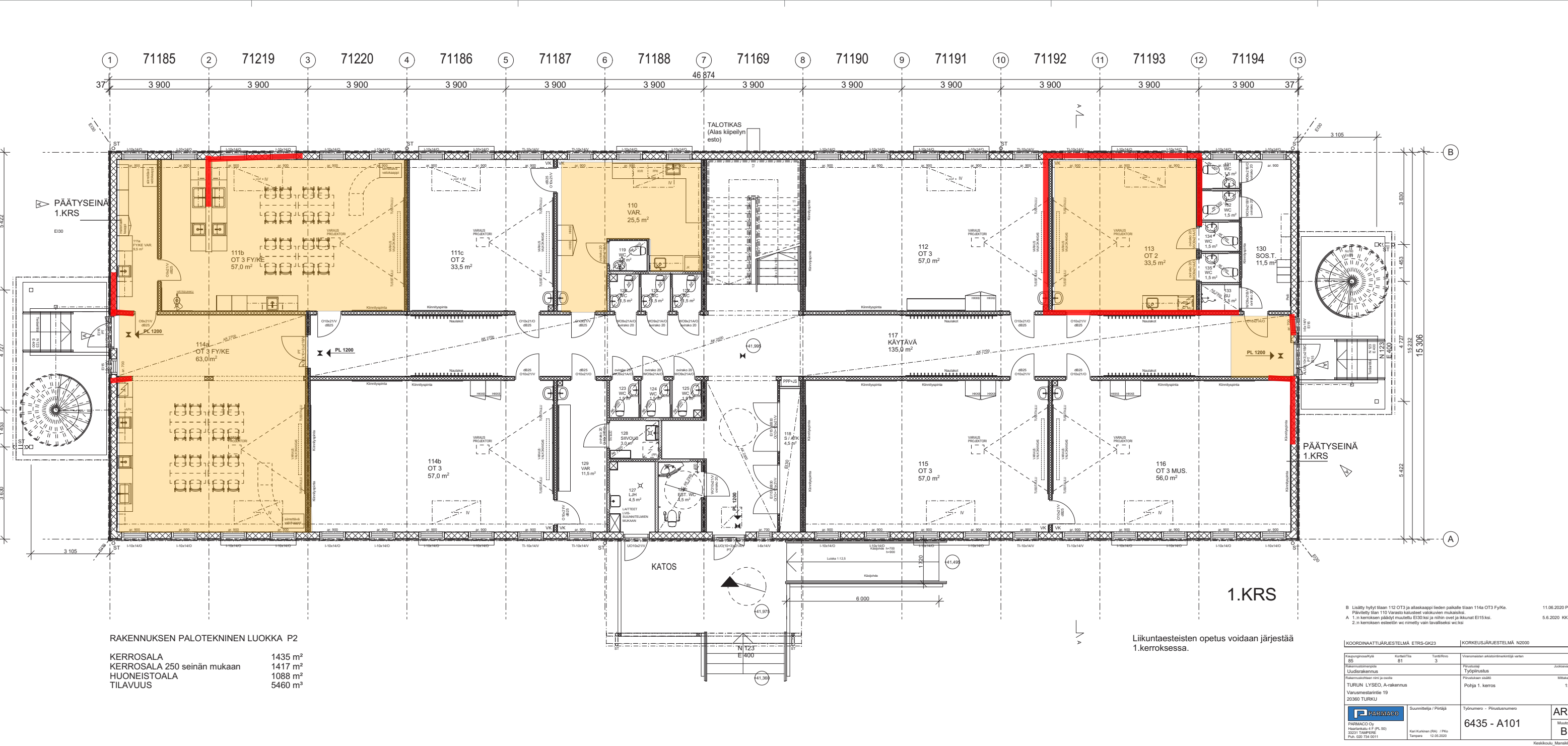
Kirjallisuus

1. **Asumisterveysasetus 2015.** Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.
2. **Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 8/2016.** Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto, Valvira, 2016. Dnro 2731/06.10.01/2016.
3. **RT 14-11239.** Rakennuksen lämpökuvaus. Rakennustieto Oy ja Rakennustietosäätiö RTS 2016.

4. **Ilmanvaihtoasetus 2017.** Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta 1009/2017. Ympäristöministeriö 2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>.
5. **Seppänen 2019.** *Opas ilmanvaihdon mitoittamiseen muissa kuin asuinrakennuksissa.* Seppänen O, ym. The Finnish Association of HVAC Societies (FINVAC), 2019 . <https://finvac.org/iv-opaat/>.
6. **RT 07-11299.** *Sisäilmastoluokitus 2018, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset.* Rakennustietosäätiö RTS 2018.
7. **Työterveyslaitos, VOC- ja mikrobiviitearvot.** Työterveyslaitos 10.3.2021.
8. **VOC-katsaus 2021.** *Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyyppisissä työympäristöissä.* Wallenius, Hovi, Mahiout, Remes, Rautiala, Jokela, Leino, Liukkonen, Työterveyslaitos 2021.
<http://urn.fi/URN:ISBN:9789522619570>.
9. **LVI 39-10409.** *Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkistus -ohjekortti.* Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-keskusliitto 2007.
10. **Ympäristöopas 2016.** *Rakennusten kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus.* Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto 2016.

Liite 1. Pohjakuvat
A-rakennus, 1. KRS

- Tilat, joissa IV-konerikko+vesivahinko
- Kastuneet ja korjatut seinien alaosat



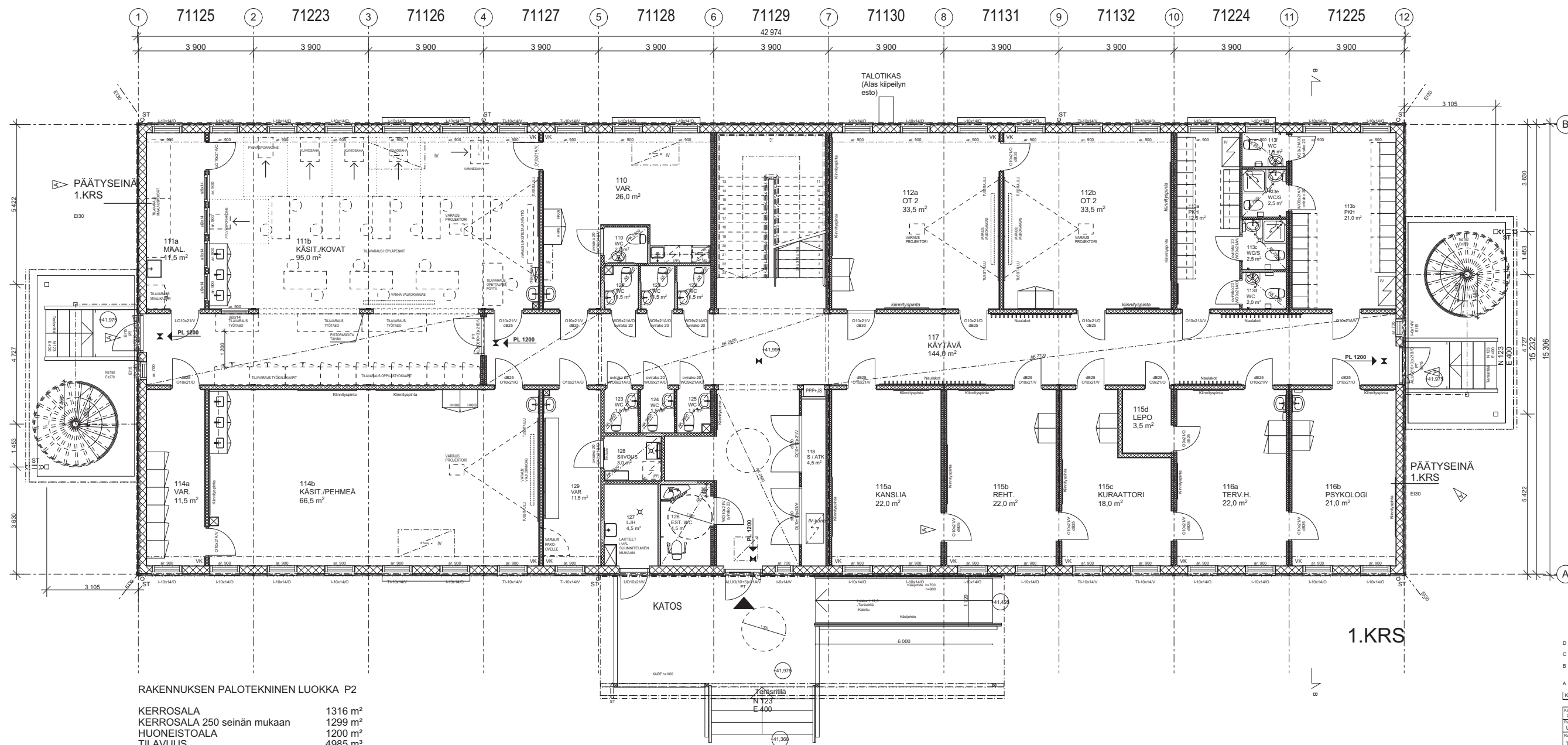
**Liite 1. Pohjakuvat
A-rakennus, 2. KRS**



11.06.2020 PKo
5.6.2020 KK

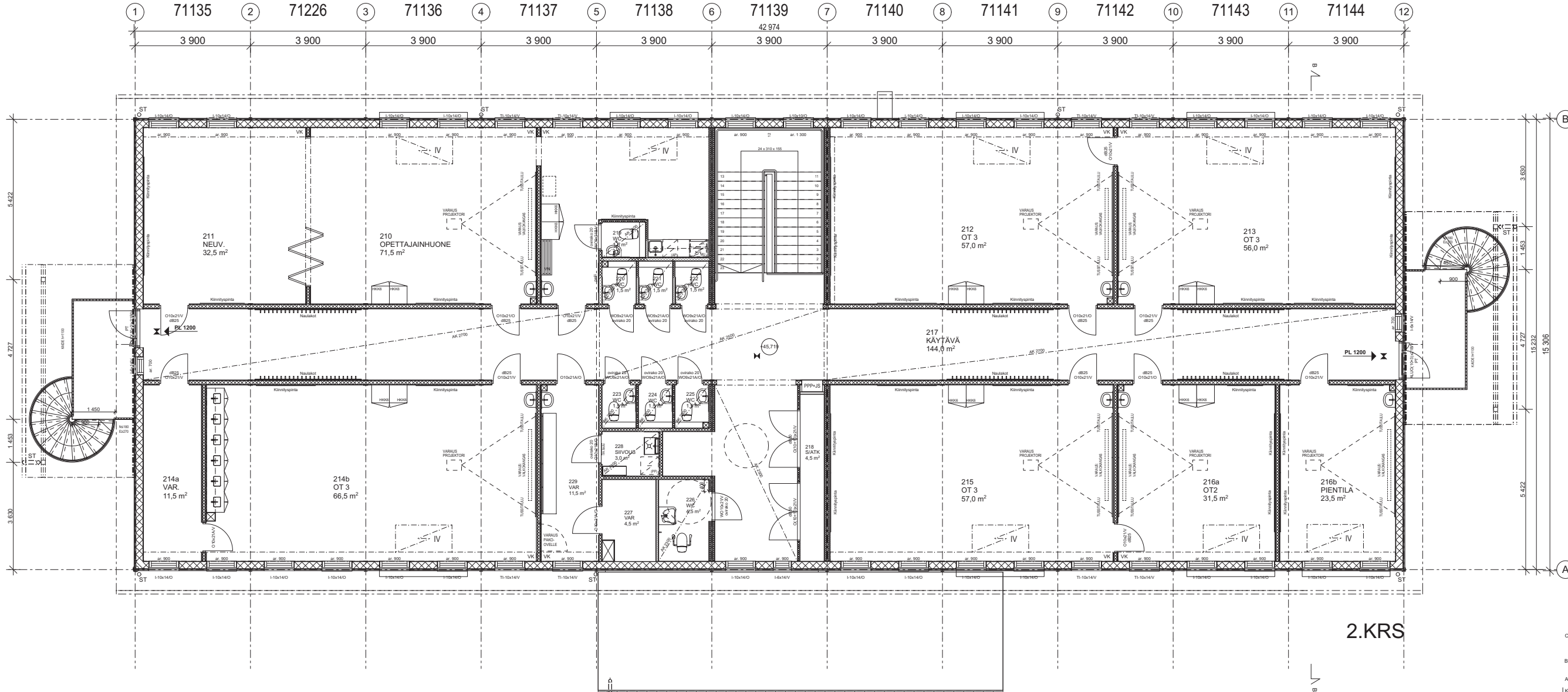
Keskikoulu Mansikkala

Liite 1. Pohjakuvat B-rakennus, 1. KRS



D	03.07.2020	Lisäilyt ja/tai luokituksen varaukset kohteille, kalusteille ja ohjaukselle. Lisäily materiaali- alan vesipää. Siirretty IV-kone kassasta tekniseen komeroon 118.		AA
C	18.06.2020	Kotko lisäily kolme kassan materiaalia Pöytämuutosten mitoituksia lisäily		KK
B		1:n kerroksen päädyt muuttui E0305 ja 1:n ovi ja ikkunat E115K3. 2:n kerroksen esteiden vesi nimitetty vanha tavalliseksi wc:ksi Lisäily palko-ovi kassaan		KK
A	02.06.2020	Päivitys viipurimateriaalin ja päälissäkinäntyörtoast		PK
KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ ETRS-GG23			KORKEUSJÄRJESTELMÄ N2000	
Kaupunginosa/Kylä	Korttelit/B1	Tonttit/Osoite	Vieromiesalan alustamattomuusvertien	
85	81	3		
Rakennusnumero/ Uudiskeränus		Pintaalusta Tyyppilusun		Julkaisu nro
Rakennuskuvailu: nimi ja osoite		Pintaluokitus		Mittakaava
TURUNLIN YSEIO, B-Rakennus		Pohja 1, keros		
Varmuusaste: 99				
20360 TURKU				
	Suunnittelija / Pirtijä	Tydunumero / Suunnitelmumero		ARK
PARHAMCO OY		6435 - B101		Muutos D
Huhtikatu 4 F (PL 50)	Kari Kuorinka / RAKI / Pika			Muutos D
33221 TAMPERE	Tampere (Finl.) / Pika			Muutos D
GPRS: 020 734 0011				
				Kirkkokuva: M

Liite 1. Pohjakuvat B-rakennus, 2. KRS



2.KRS

C	18.06.2020	Katos lisätty koko luiskan matkalle Poistumisportaiden mitoituksia lisätt
---	------------	--

B 1:n kerroksen päädyt muutettu EI30:ksi ja niihin ovet ja ikkunat EI15:ksi
2:n kerroksen esteetön wc nimetty vain tavalliseksi wc:ksi

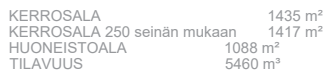
A 02.06.2020 Päivitetty viipalenumerointi ja pääsisääntöportaat

KOORDINAATIARJESTELMA ETRS-GK23			KORKEUSARJESTELMA N2000		
Kaapongossa/Suvi 85	Kortti/Tila 81	Tuotteen 3	Vieromiesmies asuinrakennuksen varken		
Kuivakäymälä Uudisrakennus			Puutalot Tyyppisuositus		Jokainen m...
Ratavuokkaan enen ja osalle			Puutalotien suu...		Mittava...
TURUN LYSSEO, B-Rakennus			Pohja 2. kerros		1:50
Varusmestarin tila, 19-2030 TURKU					
			Suunnittelija / Piirtäjä		Työnumero - Piinustussnumero 6435 - B102
			Suunnittelija / Piirtäjä Sari Kurkunen / Piirtäjä / Pika Tampere 14.05.2020		
ARKITEHTI P. R. M. Oy Hämeentie 4 (P. M. 50) 00221 TAMPERE Puh: 020 124 0111			Muutoksia C		

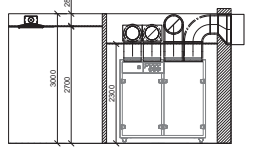
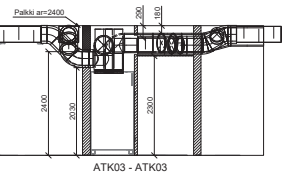
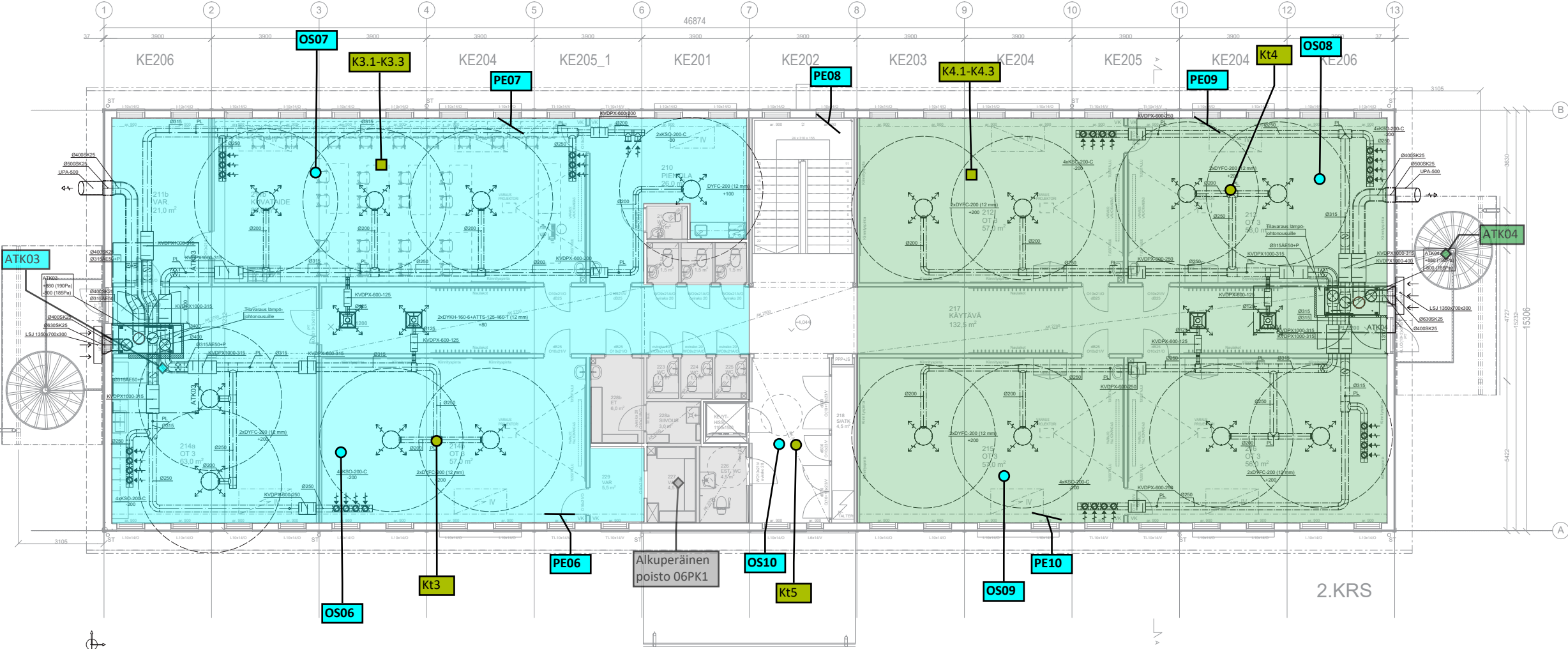
Keskikoulu Mangikkal

A-rakennus, 1. KRS, uusi IV

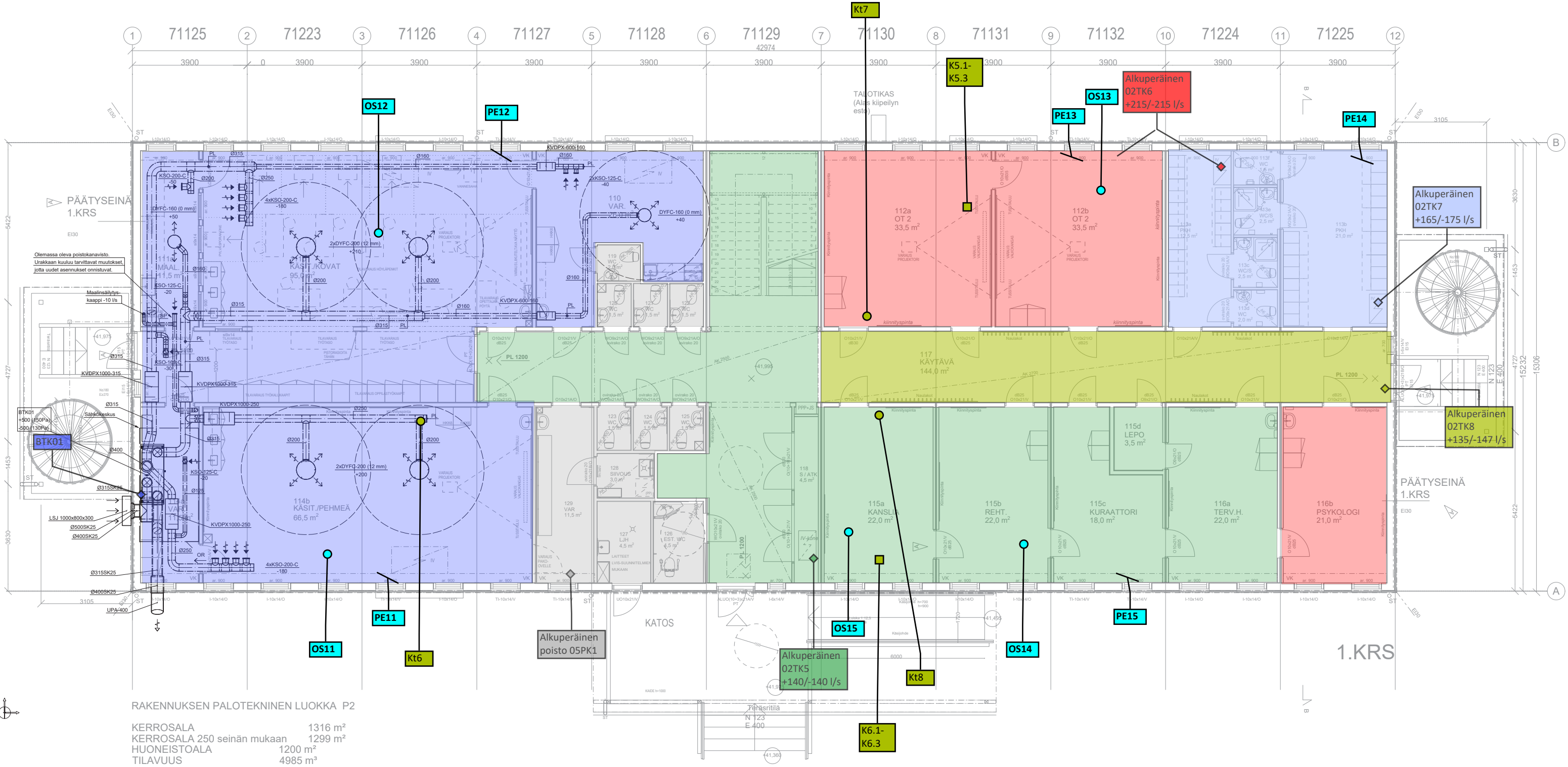
Kt1 Kuitunäytteet, ilmanvaihto

[illegible]

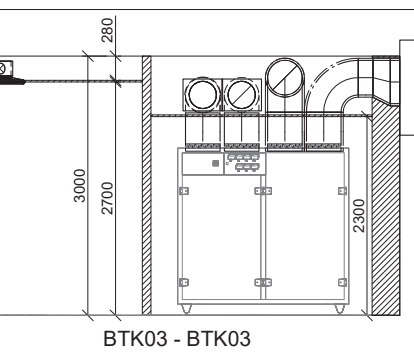
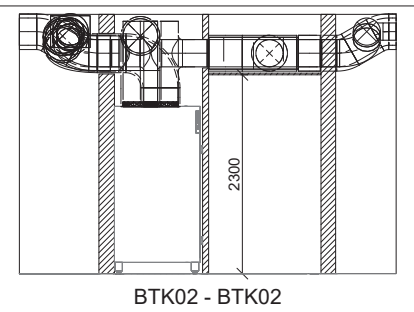
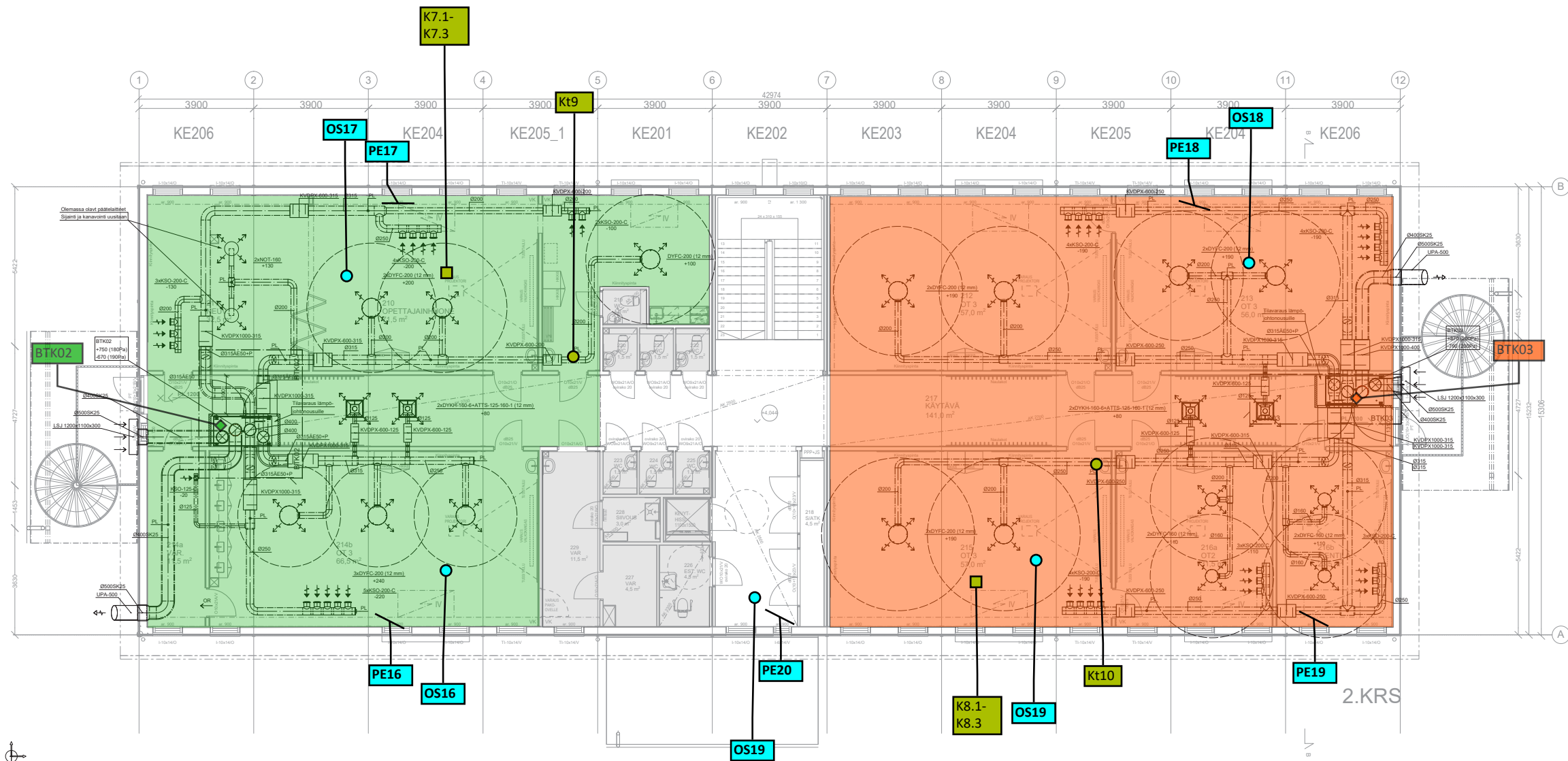
A-rakennus, 2. KRS, uusi IV

[illegible]

Liite 2. Ilmanvaihdon palvelualueet
B-rakennus, 1. KRS, uusi IV

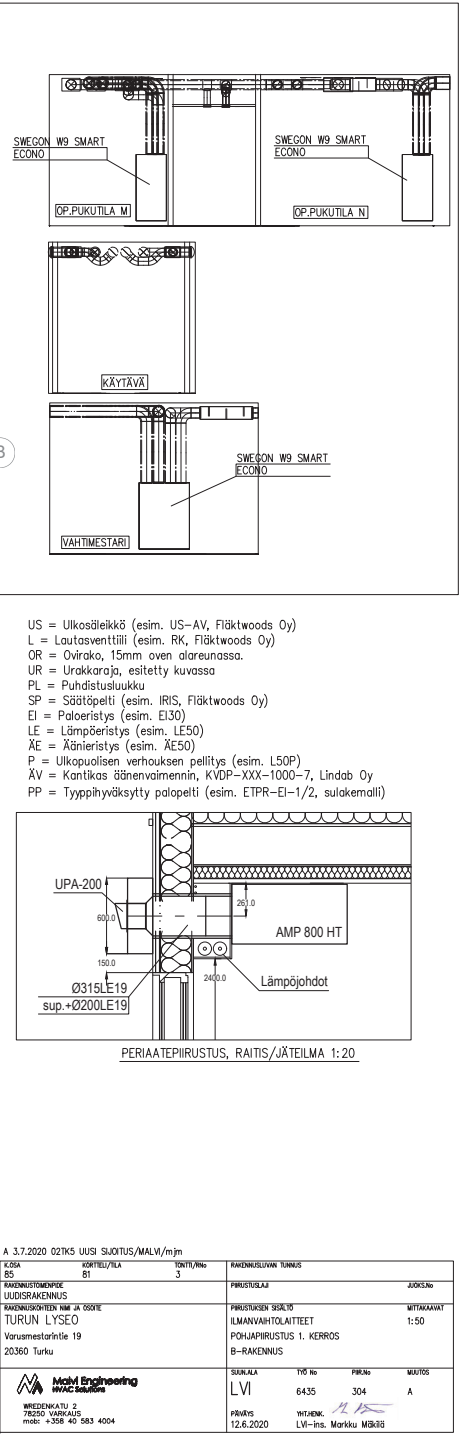


B-rakennus, 2. KRS, uusi IV

[illegible]

Liite 2. Ilmanvaihdon palvelualueet

B-rakennus, 1. KRS, alkuperäinen IV



Liite 2. Ilmanvaihdon palvelualueet
B-rakennus, 2. KRS, alkuperäinen IV

