

Katri Antila

TERÄSKENNORAKENTEISEN MODUULIKERROSTALON LVI-
SUUNNITTELU JA MALLINNUS

Rakennustekniikan koulutusohjelma
2013

TERÄSRAKENTEISEN MODUULIKERROSTALON LVI-SUUNNITTELU JA MALLINNUS

Antila, Katri
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
huhtikuu 2013
Ohjaaja: Sandberg, Esa
Sivumäärä 34
Liitteitä: 3

Asiasanat: teräskkenno, moduuli, LVI, suunnittelu, mallinnus

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja mallintaa kennorakenteisen moduulikerrostalon talotekniikka. Työ on osa suurempaa tutkimusprojektia nimeltä Concells, joka on NEAPO Oy:n tilaama. Virtuaalisen kerrostalohankkeen tarkoituksena oli löytää luonnosvaiheen rajoja ja ohjeita tulevaisuuden teräskennorakenteisille kerrostalohankkeille.

Tavoitteena ei ollut löytää uusia ja erikoisia ratkaisuja vaan kehittää olemassa olevilla osilla kustannustehokas ja toteutuskelpoinen tekniikka kennorakenteen haasteet huomioiden. Asuntomodulit on tarkoitus valmistaa tehdasolosuhteissa valmiiksi, joten kaikki liittymät moduulista suunniteltiin tehtäviksi käytävän kautta. Ilmanvaihdon hormeissa käytettiin mahdollisimman paljon elementtejä työmaalla tehtävien töiden minimoimiseksi.

Talotekninen suunnittelu aloitettiin, kun arkkitehdin pohjapiirustukset olivat valmiit. Suunnittelun aikana ei pohjia muutettu parhaan mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseksi, vaan yritettiin nimenomaan etsiä haasteita joita kennorakentaminen tuo. Näistä saatiin ohjeistusta tulevaa luonnossuunnittelua varten.

Lopputuloksena saatiin kahdeksan kerroksisen asuinkerrostalon toisen siiven lämmitys-, vesi-, viemäri- ja ilmanvaihtopiirustukset sekä 3D-malli. Suunnittelussa on huomioitu asuntomodulien sisällä oleva talotekniikka sekä liittymät käytävällä. Tekniset tilat eivät poikkea perinteisestä rakentamisesta, joten niitä ei ole tähän työhön sisällytetty.

Ongelmia aiheuttaneista paikoista tehtiin erillisiä detaljipiirustuksia tilan riittämisen varmistamiseksi. Eniten suunnittelua vaati viemäreiden liittyminen moduulista käytävän kuiluun. Lisäksi detaljit tehtiin ilmanvaihtokanavien sekä putkien liitoksista käytävältä moduuliin.

HVAC PLANNING AND MODELLING FOR MODULE MULTI-STOREY HOUSE MADE OF METAL CORE PANELS

Antila, Katri

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Civil Engineering

April 2013

Supervisor: Sandberg, Esa

Number of pages: 34

Appendices: 3

Keywords: metal core, module, HVAC, planning, simulation

The purpose of this thesis was to draw a plan and make a model of HVAC for multi-storey house made of metal core panels. This thesis is part of bigger research project called Concells, which is outsourced by NEAPO Oy. The purpose of whole virtual block of flats project was to find limits for sketch designing and specifications for future multi-storey houses made of metal core panels.

The aim was not to find new and special solution but develop a cost-effective and feasible resolution using materials that exist and taking metal cores limitations into account. Apartment modules are supposed to put together in a factory so each HVAC connection was planned to do through corridor. Air chimneys were made as pre-cast elements to reduce work at construction site.

HVAC planning started when architectural layouts were ready and those were not modified to achieve best result but specifically tried to find all challenge metal core panels caused. Instructions were found for future sketch design.

As a result heating, water, sewer and ventilation drawings for eight-storey apartment building were made. All that planning was made as 3D model. Design procedure included plumbing and ventilation inside apartment module and connections to corridor. Engine rooms are similar as in conventional building so those are not included in this thesis.

Detail drawings were made of places that were problematic and capacity of space must be ensured. Most planning demanded sewers and specially joints from module to shaft at the corridor. Additionally, details were made of plumbing and ventilation joints at the seam between apartment module and corridor.

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 5 |
| 2 | CONCELLS-HANKE | 6 |
| 2.1 | Hankkeen taustat..... | 6 |
| 2.2 | Concellsin tutkimuskohteet..... | 8 |
| 2.3 | Concellsin tarkoitus | 9 |
| 3 | TERÄSKENNORAKENTEISEN MODUULIKERROSTALON PILOTTIHANKE..... | 10 |
| 3.1 | Hankkeen kuvaus | 10 |
| 3.2 | Suunnittelussa huomioidut erot perinteiseen kerrostaloon | 11 |
| 4 | CONCELLSIN SUUNNITTELU | 13 |
| 4.1 | Lähtötiedot suunnittelulle | 13 |
| 4.2 | Talotekninen suunnittelu..... | 16 |
| 4.2.1 | Talotekniikkakuilut..... | 16 |
| 4.2.2 | Lämmitys ja jäähdytys..... | 18 |
| 4.2.3 | Vesi- ja viemärointi | 19 |
| 4.2.4 | Ilmanvaihto | 22 |
| 4.2.5 | Talotekniikan IFC mallinnus..... | 23 |
| 5 | TALOTEKNISEN SUUNNITTELUN TULOKSET | 25 |
| 5.1 | Concellsin suurimmat ongelmakohdat..... | 25 |
| 5.2 | Käyttökelpoiset ratkaisut ja liitosdetaljit | 26 |
| 5.3 | Luonnosvaiheessa huomioitavia asioita..... | 30 |
| 6 | YHTEENVETO | 31 |
| | LÄHTEET..... | 32 |
| | LIITTEET | |

1 JOHDANTO

Tämän työn taustalla on NEAPO Oy:n käynnistämä hanke teräskennorakenteisen moduulikerrostalon suunnitteluratkaisujen löytämiseksi. NEAPO:lla on kokemusta teräskennorakenteisista kohteista, mutta tarve saada jalostettua suurmoduuleina toteutettava kerrostalo mahdollisimman kilpailukykyiseksi tuotteeksi markkinoille tavanomaisten rakennustapojen rinnalle.

Opinnäyteyön tavoitteena on löytää kustannustehokas ja toteutuskelpoinen LVI-suunnittelumalli teräskennorakenteisille moduulikerrostaloille. Tehdasolosuhteissa valmistettavat asuntomodulit ovat rakenteiltaan perinteistä puu- tai betonirakennetta haastavampia. Lisäksi suunnittelussa on huomioitava moduulin helppo kuljetus ja asennus sekä talotekniikan liittyminen työmaalla.

Suunnittelu tehtiin mitoittamalla ja mallintamalla Kymdatán CADS -ohjelmalla, jolloin saatiin tarkasteltua tilan riittävyys asuntomoduleissa. Käytävän liittymistä tehtiin erilliset liittymädetaljit toteutuksen toimivuuden tarkistamiseksi. Työn tuloksena löydettiin LVI-suunnittelun kannalta ongelmallisia kohtia pohjaratkaisuista. Luonnossuunnittelussa huomioitavia rajoja koottiin helpottamaan talotekniikan suunnittelua seuraavissa hankkeissa.

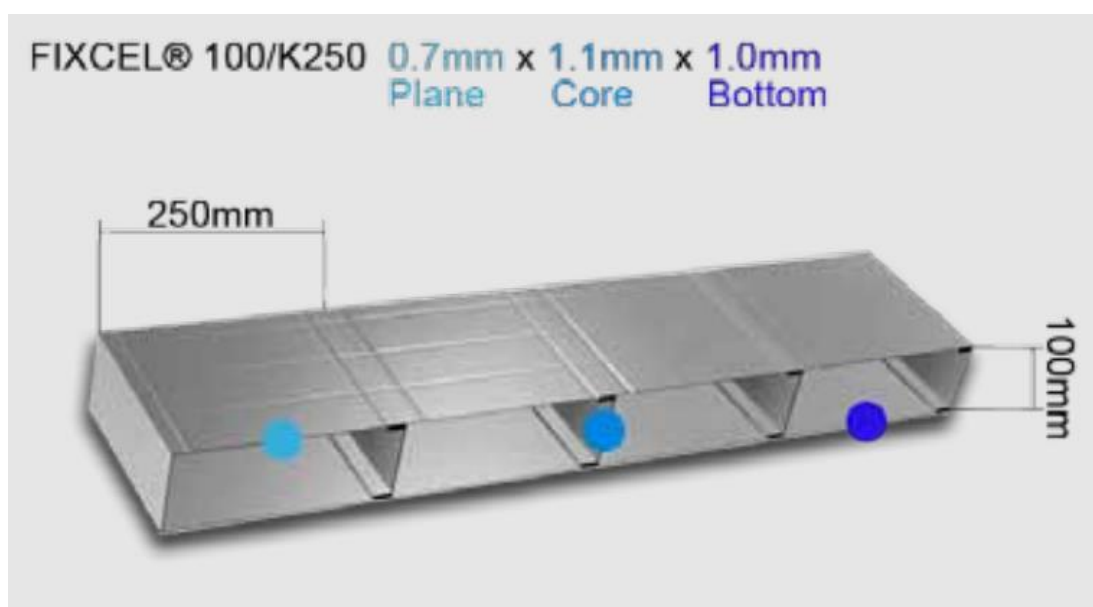
Työhön ei ole sisällytetty asioita, jotka eivät poikkea tavanomaisesta rakentamisesta. Näitä kohteita olivat mm. lämmönjakuhuone, ilmanvaihtokonehuone sekä liittymät näihin tiloihin.

2 CONCELLS-HANKE

2.1 Hankkeen taustat

Concells on virtuaalinen kerrostalohanke, jonka tarkoituksena oli löytää toteutuskel-
poiset suunnitteluratkaisut moduulikerrostalolle. Lähtökohtaisesti etsittiin kennora-
kenteesta aiheutuvia ongelmakohtia, jotta ne voidaan jo luonnossuunnitteluvaiheessa
huomioida. Tämän työn taloteknisen suunnittelun lisäksi Concellsissa tehtiin arkkitehti-,
rakenne- sekä elinkaarisuunnittelua. Pohjapiirustusten ja yksityiskohtaisten
detaljien suunnittelun lisäksi kaikki suunnitelmat mallinnettiin.

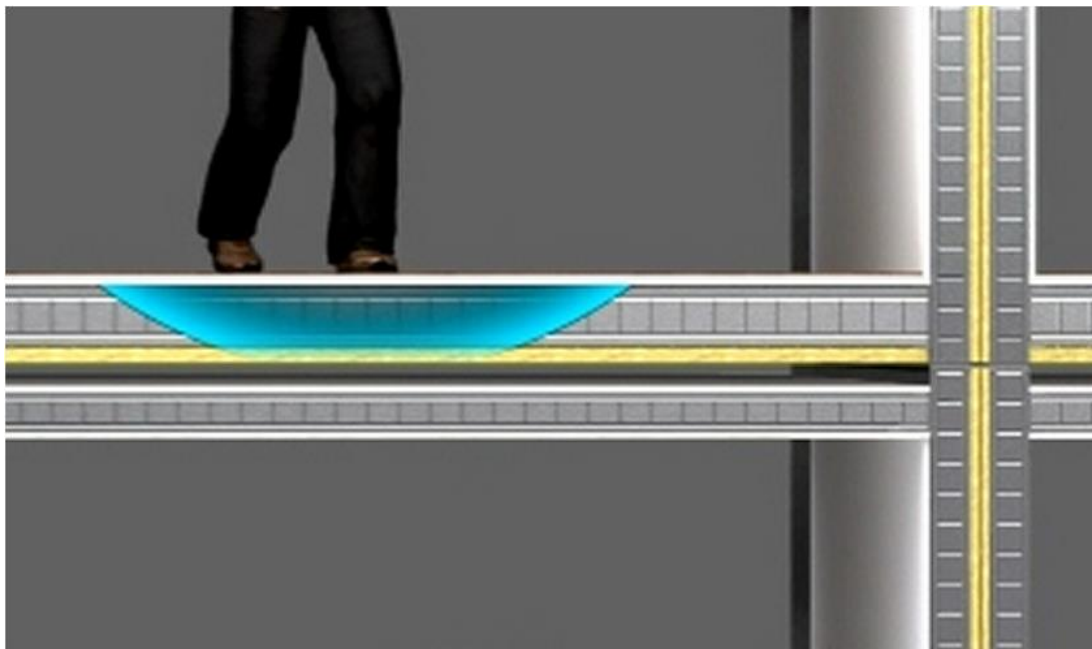
NEAPO:n tuotteissaan käyttämä FIXCEL®-teräskkenno on noin 1 mm vahvuisista
teräslevyistä erityisillä liitoksilla toisiinsa liittämällä valmistettu rakenne. Teräskkenno
on itsessään yhteen suuntaan kantava rakenne eikä vaadi erillisiä pilareita tai palkke-
ja. (Heinisuo & Lahdenmaa 2013, 26) Kennoston mitat vaihtelevat rakenteen tarpeen
mukaan ja esimerkkikuvassa 2.1 on esitetty leikkaus kennorakenteesta, jossa kennon
korkeus on 100 mm ja ytimet 250 mm jaolla.



Kuva 2.1. FIXCEL®-teräskkenno rakenne (NEAPO:n www-sivut, 1)

Teräskkennoista valmistetuista seinä-, katto- ja lattiaelementeistä kootaan tehdasolois-
sa valmiit moduulit, jotka varustetaan täysin valmiiksi. Tässä tapauksessa yksi huo-

neisto on yksi moduuli. Kun moduulit kootaan kerrostaloksi, syntyy tuplarakenne kahdesta teräskennoelementistä ja niiden välissä olevasta eristeestä huoneistojen välille. (Heinisuo & Lahdenmaa 2013,26.) Kuvassa 2.3. näkyy tuplarakenne seinästä ja välipohjasta asuntojen välillä.



Kuva 2.3. Moduulien välinen rakenne asennettuna (NEAPO:n www-sivut, 2)

NEAPO on vuodesta 2007 asti rakentanut teräskennorakenteisia taloja, mutta ensimmäinen korkeampi kuin kaksikerrosta oleva moduulikerrostalo valmistui vasta joulukuussa 2012. Concells –hanke on käynnistynyt rakenteilla olleen pilottikerrostalokohteen rinnalla. Kohteesta saatiin käytännön ongelmista paljon tietoa, jota hyödynnettiin Concellsin. NEAPO:n tavoitteena on saada Concellsin myötä moduulikerrostaloista mahdollisimman kilpailukykyinen tuote markkinoille.

Tämän työn sisältönä oleva talotekniikan suunnittelu, joka tehtiin Suunnittelulinja Finland Oy:ssä, on vain yksi osa Concellsin laajempaa kokonaisuutta. Arkkitehtisuunnittelun Concellsiin on tehnyt arkkitehtitoimisto Hedman & Matomäki Oy, joka teki arkkitehtisuunnittelun myös Helsinkiin rakennettuun moduulikerrostaloon. Rakennesuunnittelun hankkeeseen on tehnyt Ramboll Finland Oy. Elinkaaritaloutta sekä osa talotekniikkaa on tutkittu Tampereen yliopistolla molempien hankkeiden osalta. (NEAPON:n www-sivut, 3) Kuvassa 2.3 näkyy arkkitehtitoimiston tekemä malli Concellsin kerrostalosta.



Kuva 2.3. Concellsin moduulikerrostalo mallinnettuna (Arkkitehtitoimisto Hedman & Matomäki Oy 2012, 10)

2.2 Concellsin tutkimuskohteet

Concells hankkeena on jaettu neljään eri tutkimushankkeeseen. Tavoitteena kaikilla hankkeilla oli tuottaa kaupalliseen tuotantoon soveltuvat ratkaisut. Suunnittelu on lähtenyt arkkitehdin luonnoksista, joita on muokattu rakenteiden, talotekniikan sekä elinkaaritaidouden vaatimusten mukaan. Kuvassa 2.4. kuvattu Concellsin tutkimuskohteet ja niistä kohta 3. Kennon Talotekninen suunnittelu on tämän työn aiheena.



Kuva 2.4. Concellsin tutkimuskohteet (NEAPO 2011, 5)

2.3 Concellsin tarkoitus

Concellsin tarkoituksena ei ollut löytää uusia erikoisia ratkaisuja vaan soveltaa käytössä olevia tuotteita uudella tavalla rakenteet huomioiden. Kustannustehokkuus ja tuotteiden saatavuus olivat osa suunnittelun lähtökohtia. Työmaalla tehtävien töiden määrä pyrittiin minimoimaan ja liitosten suunnittelu asuntomoduuleihin ja elementti-hormeihin pyrittiin suunnittelemaan yksityiskohtaisesti.

3 TERÄSKENNORAKENTEISEN MODUULIKERROSTALON PILOTTIHANKE

3.1 Hankkeen kuvaus

TA-Asumisoikeus Oy rakennutti NEAPO:n ensimmäisen yli kaksi kerrosta olevan moduulikerrostalon Helsingin Myllypuroon. 38 asunomoduaalia sisältänyt 5 kerroksinen kerrostalo valmistui joulukuussa 2012. Maanalaista autohallia lukuun ottamatta koko kerrostalo on koottu teräskennorakenteisista moduuleista. Asuntojen lisäksi molemmat rappukäytävät on tuotu paikalle valmiina moduuleina. (NEAPO:n www-sivut, 4) Kuvassa 3.1. on Myllypuron kerrostalo vastavalmistuneena.



Kuva 3.1. Myllypuron moduulikerrostalo

Myllypuron moduulit koottiin Virossa tehdasolosuhteissa ja tuotiin työmaalle sisätoiltään viimeisteltyinä. Tässä kohteessa rappaus, parvekkeet ja vesikattotyöt tehtiin työmaalla (NEAPO:n www-sivut, 4). Jokainen asunto oli oma suurmoduulinsa ja työmaalla moduulit vain asennettiin paikalleen.



Kuva 3.2. Myllypuron moduulien asennus (NEAPO:n www-sivut, 4)

3.2 Suunnittelussa huomioitavat erot perinteiseen kerrostaloon

Myllypuron kerrostalosta on tehty Tampereen yliopistolla lämpötilamallinnus, jolla selvitettiin teräskennorakenteen lämpenemistä kesäaikaan. Teräskennorakenne ei varaa itseensä lämpöä kuten betoni, jolloin lämpötilaerot ovat suurempia. Kesäaikaan ikkunasta tuleva lämpökuorma nostaa teräskennorakenteisen asunnon lämpötilan nopeasti, joten aurinkosuojaus ja jäähdytys on huomioitava. Toisaalta lämpöä ei myöskään varaudu teräskennorakenteeseen päivän mittaan, joten jäähtyessään laskee sisälämpötila alemmas kuin betonirakenteisessa vastaavassa tilassa. U-arvoltaan teräskennorakenne on yhtä hyvä kuin betonirakenne, joten lämmitystehontarpeessa ei rakenteiden välillä ole eroja. (Kalema 2012, 16-17)

Kuilut talotekniikalle oli suunniteltu, kuten perinteisessä rakentamisessakin on totuttu, asuntojen sisälle märkätilojen yhteyteen. Nousut kuilujen sisällä oli asennettu valmiiksi tehtaalla ja liitokset kerroksesta toiseen jätettiin työmaalla tehtäviksi työaukoista.

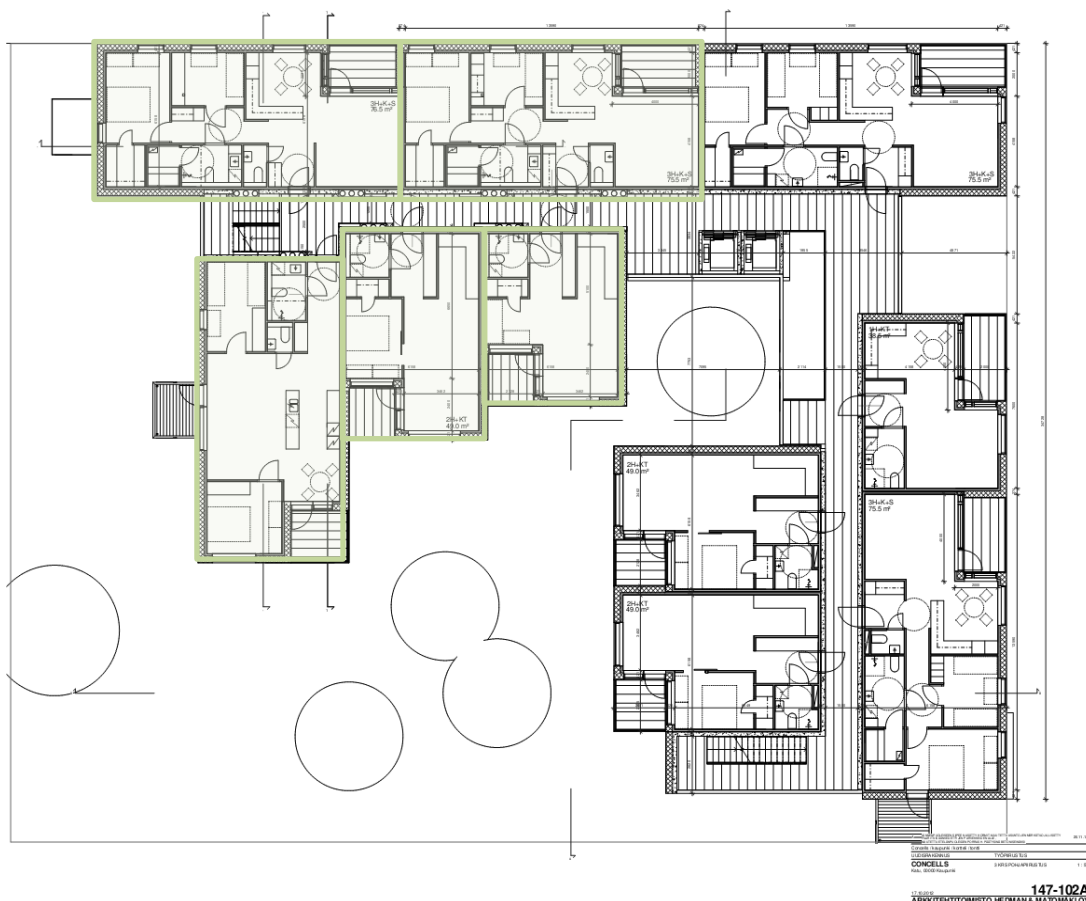
Suunnitteluvaiheessa oli tiedossa viemäreiden asettamat haasteet. Teräskennorakenteessa on mahdollista kuljettaa viemäriä vain yhteen suuntaan kennon sisällä rakennetta rikkomatta, joten viemäreiden tuominen kuilulle asetti haasteita. Viemäroinnitkään eivät käytännössä toteutuneet kaikissa moduuleissa parhaalla mahdollisella tavalla.

Talotekniikan aiheuttamaa melua asunnoissa tutkittiin, koska teräskennorakenteen ilmajäneristävyydestä ei ollut tarkkaa tietoa. Äänistä ei kuitenkaan ole ollut ongelmia, eikä asuntojen sisällä huomaa eroa tavanomaiseen kerrostalo asuntoon. Moduulien sisäpuoli on verhoiltu kipsilevyllä, joten huonevaimennus ei poikennut perinteisestä rakentamisesta.

4 CONCELLSIN SUUNNITTELU

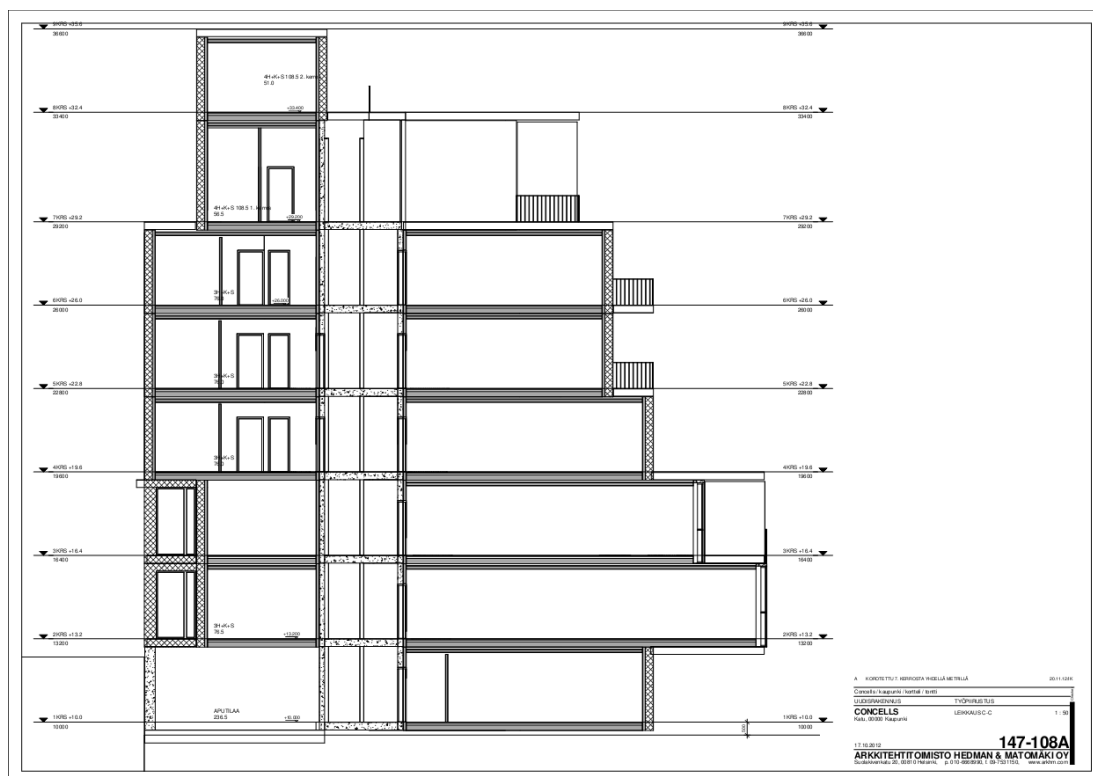
4.1 Lähtötiedot suunnittelulle

Talotekniikkasuunnittelun alkaessa olivat Concellsin arkkitehtipiirustukset jo asuntojen pohjien osalta valmiit. LVI-suunnitelmat tehtiin kerrostalon länsisiivessä oleville asunnoille. Pohjoispuolella on kaksi isompaa asuntoa ja käytävän toisella puolella kolme pienempää asuntoa. Kuvassa 4.1. on esitetty kolmannen kerroksen osalta asunnot, joihin talotekniikka on suunniteltu. Isommissa asunnoissa pohjat muuttuvat kerroksesta toiseen ja osa päällekkäisistä asunnoista on peilikuvia keskenään, mutta ulkomitoiltaan moduulit ovat samansuuruisia. Pienissä asunnoissa on enemmän koko vaihteluita, mutta pohjat ovat tyyplitään samansuuntaisia. Pienissä asunnoissa muutokset ovat kennosuunnasta johtuen haasteellisempia.



Kuva 4.1. LVI-suunnitelmiin sisältyvät asunnot talon 3. kerroksessa (Arkkitehtitoimisto Hedman & Matomäki Oy, työpiirustukset, 3)

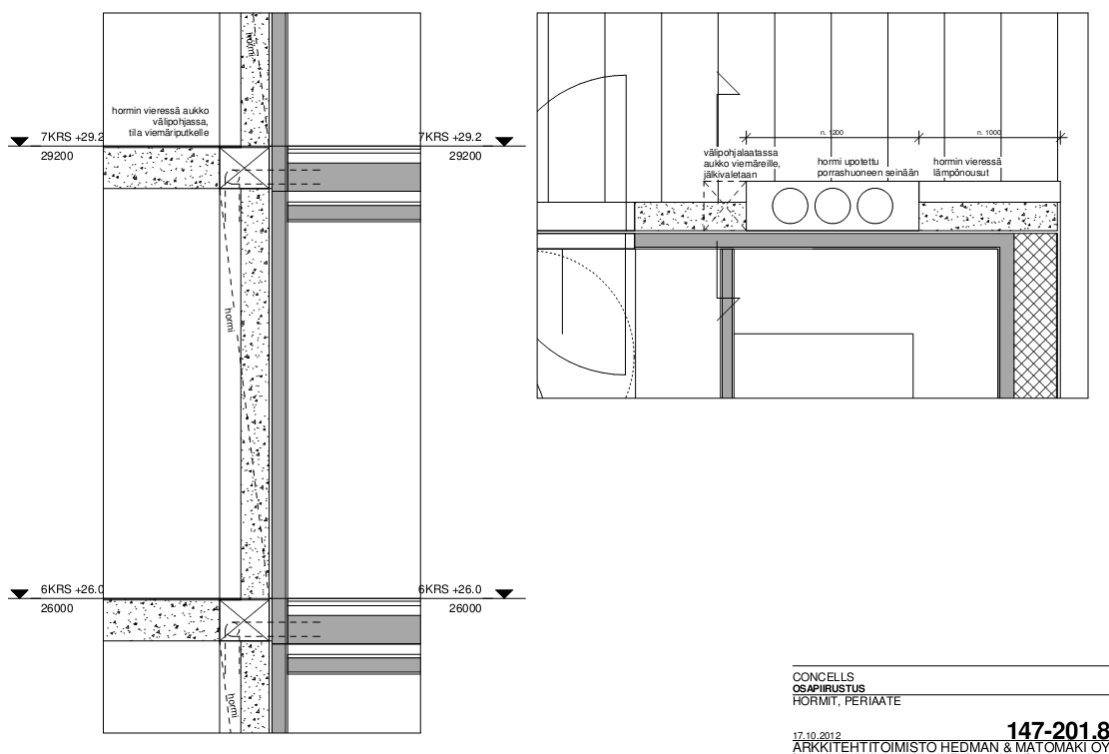
Virtuaalihanke kerrostalossa on kahdeksan asuinkerrosta. Kuvan 4.2. leikkauksesta näkee kuinka moduulien pituudet vaihtelevat, jolloin osa moduuleista toimii ulokkeena. Rappukäytävä on jäykistävänä rakenteena betonista ja teräskennorakenteiset asuinmoduulit asennetaan paikalla rakennetun rappukäytävän ympärillä.



Kuva 4.2. Concells-kerrostalon leikkaus länsisiivestä (Arkkitehtitoimisto Hedman & Matomäki Oy, työpiirustukset, 9)

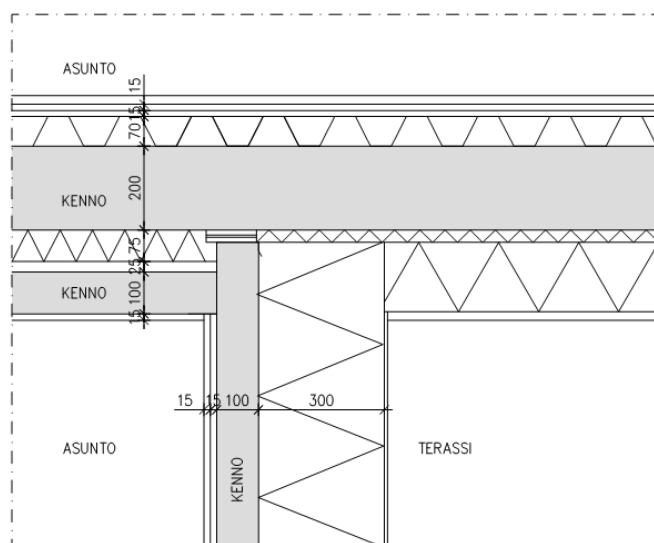
Talotekniikan runkolinjat on jo luonnosvaiheessa siirretty moduuleista rappukäytävän puolelle. Putket viedään kerroksesta toiseen hissien vieressä kulkevassa kuilussa ja ilmanvaihto hormit sijoitettiin joka asunnon viereen. Ajatuksena oli käyttää mahdollisimman paljon työmaalle tuotavia valmiita osia, joten hormitkin lähdettiin suunnittelemaan valmiina elementteinä. Pohjien suunnittelussa piti huomioida erityisesti kahden valmiin elementin järkevä liitosmahdollisuus toisiinsa.

Kuvassa 4.3. on arkkitehdin detalji elementtihormin upottamisesta käytävän seinään. Ilmanvaihtokanavien lisäksi asuntojen yhteyteen sijoitettiin erillisiä viemärikuiluja, jotka toteutetaan vastaavalla elementtitekniikalla kuin ilmanvaihdon elementtihormit.



Kuva 4.3. Arkkitehdin detailji hormin upottamisesta porraskäytävän rakenteeseen (Arkkitehtitoimisto Hedman & Matomäki Oy 2012, osapiirustukset, 9)

Rakennesuunnittelijalta saatiin tarkat mitat kennoille, joiden sisällä on talotekniikkaa mahdollista viedä. Lattiarakenteessa ytimen korkeus on 200 mm ja kennot ovat 150 mm jaolla. Seinäelementissä ydinväli on sama kuin lattiassa, mutta rakenteen paksuus on 100 mm. Moduulin yläpohjan rakenne tehdään seinäelementtien kanssa samoilla mitoilla. Kuvassa 4.4. näkee kahden moduulin liitoskohdasta tehdystä detailjista kaikkien kennoelementtien mitat.



Kuva 4.4. Rakennesuunnittelijan detailji moduulin kennostoista (Ramboll 2012, 3)

Teräskennorakenne on voimakkaasti yhteen suuntaan kantava, joten yhdessä asuntomoduulissa kennot voidaan toteuttaa vain yhteen suuntaan. Kantavuuden kannalta lattiarakenne on tärkeämpi, joten sen ytimien on oltava lyhimpään mahdolliseen suuntaan.

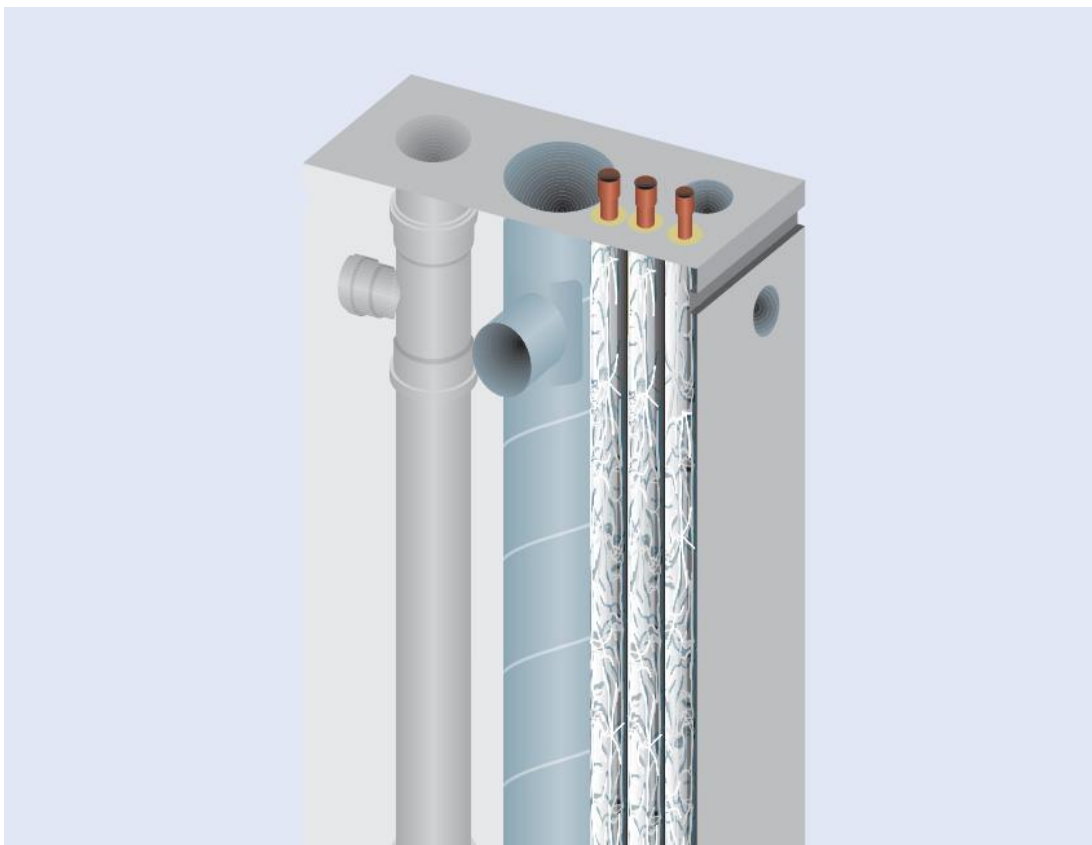
Asennusvaiheen helpottamiseksi päätettiin heti suunnittelun lähtökohdaksi kaikki moduulista tehtävät liitokset tuoda sivusta rappukäytävään. Pystysuuntaiset liitokset moduulista toiseen hankaloittavat asennusta ja teettävät työtä työmaalla myös muuten valmiin moduulin sisällä.

4.2 Talotekninen suunnittelu

Kaikki asunnon sisällä kulkeva tekniikka tehdään valmiiksi tehtaalla. Liitokset tuodaan käytäväseinästä läpi moduulin ulkopintaan ja kaikki työmaalla tehtävät osat liitetään käytävän puolelta. Moduulin pinnassa olevat putket, kanavat ja viemärit eivät saa tulla moduulin ulkopuolelle kuljetuksen ja asennuksen aikana. Kaikki päät tulpataan tehtaalla ja tulpat poistetaan työmaalla vasta liitoksia tehtäessä. Näin saadaan pidettyä sisäosat mahdollisimman puhtaina.

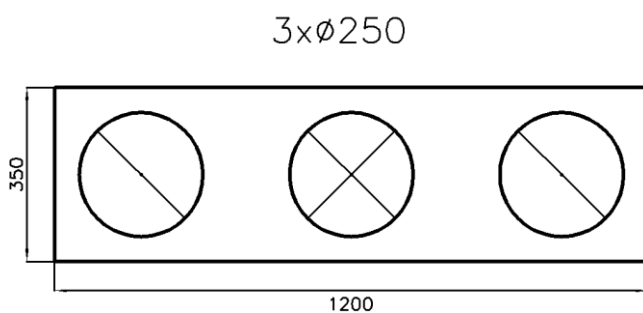
4.2.1 Talotekniikkakuilut

Aiempien kokemusten perusteella kuilut piti saada asuntomoduulien ulkopuolelle. Projektin alussa päätettiin käyttää valmiita betonielementtihormeja kuten Elpotekin Elpo-hormeja. Valmiin talotekniikkahormin tuominen työmaalle nopeuttaa rakentamista. Kanavat pysyvät myös siistimpinä, kun ne on asennettu tehdasoloissa ja työmaalla tehdään vain kahden elementin kytkeminen toisiinsa. Elpo-hormit suunnitellaan kohdekohtaisesti, joten kanavien, putkien ja viemärien paikka ja määrä tulee tarpeen mukaan. Kuvassa 4.5. Elpotekin mallikuva elementtihormista, jossa kulkee kaikki tekniikka. Tässä kohteessa ilmanvaihtokanavat tulevat omaan elementtiin ja viemäreille tehdään omia elementtejä tarpeen mukaan. Putket sijoitetaan hissien viereen yhteen kuiluun ja niille tehdään rakennusaineinen, avattava kuilu, jolloin putkiin on helppo päästä käsiksi.



Kuva 4.5. Esimerkkikuva Elpo-hormista Elpotekin sivuilta (Yhtitysesite Elpotek Oy 2011,8)

Kohteen jäähdytystarpeesta johtuen on suunnittelu lähdetty tekemään keskitetyllä ilmanvaihdolla. Katolla olevasta IV-konehuoneesta tuotiin omat hormit kerroksen joka asunnolle, jotta saatiin kanavakoot pidettyä kohtuullisina. Yhteen hormiin liittyy kuitenkin 7 päällekkäistä asuntoa. Kanavien jakaminen eri hormoneihin auttaa ilmanjaon tasaamisessa ja varmistaa alimpien kerrosten ilman riittävyden. Elementtihormissa on joka asunnolle tulo-, yleispoisto- ja keittiönpoistoilmakanavat. Kuvassa 4.6 on esitetty yhden hormielementin kanavat.



Kuva 4.6. Kohteeseen suunnitellun elementtihormin kanavat

Alkuun mietittiin hormien sijoittamista suoraan kytkettävän asunomodulin kylkeen. Kahden elementin liittäminen toisiinsa ei kuitenkaan ole mahdollista jos välissä ei ole yhtään työskentelytilaa. Aiemman kohteen toteutuksessa kävi ilmi, ettei asunomodulin asennusvaiheessa saada talotekniikan kytkentöjä osumaan kohdilleen. Hormit päätettiin sijoittaa käytävän vastakkaiselle seinälle, jolloin moduulista on käytävän leveyden verran matkaa työmaalla tehtäviä kytkentöjä varten.

4.2.2 Lämmitys ja jäähdytys

Teräskennorakenteen lämmönläpäisykertoimet ovat nykymääräysten mukaiset eli samaa luokkaa kuin vastaavan betonirakenteen. Lämmityskaudella ei teräskenno eroa käytössä perinteisistä rakenteista mitenkään. Kohteen lämmöntuottotapaan ei tässä hankkeessa otettu kantaa, koska se ei eroa perinteisestä rakentamisesta ja lämmöntarve on normaali. Lämmönjakotavaksi valittiin lattialämmitys, koska kohteessa on suunniteltu isot ikkunat lattiasta kattoon. Lattialämmityksen jakotukit sijoitettiin eteisen kaapin takaseinälle lähelle lattiaa. Jakotukit voidaan sijoittaa myös kalusteen sokkeliin, jos se on kalusteita suunniteltaessa huomioitu ja niissä on irrotettava pohja. Lattialämmitys on helppo muuttaa jakotukeilta muoviputkilla kytkettäviin pattereihin, jos kohteessa pattereita haluttaisiin käyttää.

Lattialämmityksessä tulisi huomioida lattian rakenne. Teräskennorakenteen pintaan on suunniteltu kolme kerrosta kipsilevyjä. Kipsilevyjen lämmönläpäisy ei kuitenkaan ollut riittävän tehokasta, joten lattialämmityksen päälle olisi hyvä laittaa 35mm valu esim. Weberin Vetonit 4350 –massalla. Näin saadaan normaaliputkituksilla riittävä teho huoneisiin. Tässä työssä ei lähdetty suunnittelemaan lattialämmityksen putkituksia vaan mitoitus tehtiin jakotukeille. Lämmitystehot laskettiin mitoitusohjelmalla, mutta huoneissa joissa ei ole ulkovaippaa ei ole myöskään varsinaista lämmitystehton tarvetta. Käytännössä kuitenkin kaikkiin huoneisiin tulee lattialämmityspotket ja erityisesti kylpyhuoneissa pitää veden kiertää ympäri vuoden. Märkätilat erotetaan muista tiloista jakotukissa magneettiventtiilillä, jolloin muut piirit saadaan suljettua kesä-aikaan ja märkätilaan jää mukavuuslattialämmitys. Asunnoille laskettiin neliöihin perustuvat tehontarpeet, jotka olivat alimmassa sekä ylimmissä kerrok-

sisä keskikerroksia suurempi. Keskikerrokseen riitti 30 W/m^2 muissa käytettiin 35 tai 40 W/m^2 riippuen ohjelman laskemista lämmitystehon tarpeista.

Lämpöputket jakotukeilta käytäväseinälle moduulin ulkopintaan tehdään teräsputkilla asunnon väliseinissä sekä alakatoissa valmiiksi tehdasolosuhteissa. Teräksiset runkolinjat kulkevat käytävän alakatoissa. Kytkennät moduuleihin hoidetaan käytävän puolelta työmaalla. Menopuolen sulku ja paluupuolen linjasäätöventtiili asennetaan käytävälle lähelle moduulin pintaan.

Kesäaikaan teräskennorakenne käyttäytyy eri tavalla kuin vastaava betonirakenne. Massiivinen betonirakenne varaa itseensä lämpöä ja tasaa lämmönvaihteluita. Tätä ominaisuutta ei kevyellä teräskennolla ole. Ikkunoista tuleva auringon lämpö nostaa huonelämpötilan nopeasti ja vastaavasti yöaikaan lämpötilat laskevat alemmas. Teräskennorakenteisissa taloissa pitää huomioida joko erityisen hyvät auringon suojaukset tai jäähdytysmahdollisuus. Tässä kohteessa on jäähdytys mahdollisuus ilmanvaihdon avulla. Asuntoihin ei tule erillistä jäähdytys järjestelmää. Keskitetty ilmanvaihto mahdollistaa jäähdytetyn ilman tuottamisen ja puhaltamisen asuntoihin kuumimpaan aikaan. Millä tavalla jäähdytys on ilmanvaihtoon tuotettu, ei ole tässä työssä otettu kantaa.

Liitteessä 1 on esitetty lämmityksen pohjapiirustukset.

4.2.3 Vesi- ja viemärointi

Asuntoihin tulee kylpyhuoneiden kattoon jakotukit, joista lämmin ja kylmä vesi vietään kalusteille muoviputkilla. Muoviputket on suunniteltu sijoitettavaksi asuntojen alakattoihin, mutta niillä on helppo mennä myös yläpohjarakenteen sisällä kennon suuntaisesti. Asunnot ovat kooltaan niin pieniä, että pisimmilläänkin odotusajat ovat alle 10 sekuntia. Jakotukeilta vietään kupariputket käytävän seinälle moduulin ulkopintaan.

Runkolinjat käytävän katossa sekä liitokset moduuleihin tehdään kuparilla. Lämminvesikierto kytetään käytävän puolella lähellä moduulin pintaa. Käytävän puolelle

tulevat lämminvesikierron linjasäätöventtiilin lisäksi lämpimän ja kylmän veden sulut sekä vesimittarit.

Concellsin kerrostalo on korkeimmalta kohdaltaan 8-kerroksinen ja se asettaa haasteita vesiputkien paineille. Vesimittarin jälkeisellä 530 kPa paineella saadaan ylimpään hanaan 75 % virtaama, mutta alimmassa kerroksessa virtaamat menevät pahimmillaan 178 %:iin. Rakennusmääräyskokoelman D1 mukaan virtaaman pitää kaulusteelle olla 70-150% normivirtaamasta (Suomen RakMK D1 2007, 35). Alimmissa kerroksissa voisi painetta alentaa asuntokohtaisilla vakio painesäätimillä, mikäli tämä ylitys koetaan liian suureksi.

Viemärit olivat suunnittelun haastavin ja arkkitehtisuunnittelua eniten rajoittava osuus. Tavoitteena oli saada viemärit koottua yhteen moduulin sisällä, jolloin liitoksia käytävään tulisi mahdollisimman vähän. Se ei kuitenkaan kaikkien asuntojen osalta ollut mahdollista. Muoviviemärit sijoitettiin lattiakennon ytimen sisään aina kun se oli mahdollista. Lattiarakenteen päällä on 50 mm poimulevy ja 50 mm valu. Tässä tilassa saa lattiakaivon \varnothing 50 mm viemäriin kaatoineen vietyä noin metrin. Kuvakaivon \varnothing 32 mm viemäri on mahdollista viedä noin kolme metriä. Kaikki muut viemäroinnit on mahdollista viedä kennorakenteen päällä kotelossa, jos se on vain arkkitehdin pohjassa huomioitu. Kotelossa kuljetettavat viemärit tuodaan moduulista ulos asti lattian yläpuolella ja liitetään lattiakenttien sisällä kulkeneisiin viemäreihin vasta käytävän puolella työmaalla. Tämä vaatii betoniseinässä riittävät työaukot.

Suurissa asunnoissa kennoston ytimet ovat kohtisuoraan käytävään nähden. Kaikki viemärointi on siis mahdollista tuoda lattian alla käytävälle. Kaikki samalla ytimellä olevat viemärit voidaan yhdistää asunnon sisällä. Arkkitehti on suunnitellut wc-istuimet seinämällisinä, joten niiden viemäroinnit saadaan kotelossa kuljetettua runkoviemäreille.

Pienissä asunnoissa kennoston ytimet ovat käytävän suuntaiset. Sijoittamalla lattian alle menevät viemärit käytäväseinälle saadaan ne yhdistettyä reunimmaisessa kennossa ja vietyä yhdellä viemäriä ulos moduulista. Ainoastaan lattiakaivolla on rajoitettu mahdollisuus kulkea lattian päällä, joten niitä piti kääntää osassa asuntoja lähemmäs käytäväseinää. Altaiden ja wc-istuinten viemärit saadaan kaikki vietyä,

kunhan kotelot on suunniteltu yhtenäisenä käytäväseinälle asti. Viemäri mahtuu kulkemaan koteloitavan seinä wc:n alta, joten yhdessä kotelossa voidaan kytkeä useampi wc-istuin samaan viemäriin. Kaikki asuntojen sisällä menevät viemärit ovat tuulettamattomia kytkentäviemäreitä, joten niissä on pituus rajattu. Rakennusmääräyskokoelma D1 mukaan \varnothing 50 mm ja sitä suurempien viemäreiden enimmäispituus tuulettamattomana on 10 metriä (Suomen RakMK D1 2007, taulukko 2. liitteessä).

Yhdessä pienessä asunnossa oli sijoitettu wc keskelle asuntoa. Kennot kulkivat käytävän suuntaisesti, joten viemärointi pitäisi hoitaa kotelossa lattian päällä. Siirtämällä wc ulkoseinälle menee kotelo läpi makuuhuoneen sekä saunan päästäkseen käytäväseinälle. Tässä yhteydessä mietittiin, jos lattiaan voisi yhden kennoytimen sijoittaa keskelle kulkemaan kohtisuoraan muihin nähden. Kenno on rakenteena niin voimakkaasti yhteen suuntaan kantava, ettei sitä voida katkaista keskeltä ilman järeitä palkkirakenteita. Lähtökohtaisesti on haluttu pysyä moduulien sisällä, jotta asennus olisi mahdollisimman yksinkertaista. Tämän viemäriin kohdalla kuitenkin mietittiin mahdollisuutta hyödyntää alemman kerroksen kattokennostoa. Kattokennot voisi laittaa lattiaan nähden kohtisuoraan, jolloin yksittäisen viemäriin voisi kuljettaa alemman moduulin avulla käytävälle. Tämä kuitenkin vaikeuttaa asennusta huomattavasti, koska viemäriin liitos tulisi tehdä asuntomodulin asennuksen yhteydessä.

Pienissä asunnoissa oli myös muutama keittiö laitettu kauemmas käytäväseinustalta. Näissä keittiön viemäriä ei saatu vietyä käytävälle sokkelissa. Seinärakenteen sisään mahtuu \varnothing 75 mm viemäri. Tämän moduulista toiseen nousevan yksittäisen viemäriin kytkeminen on mahdollista, koska seinään voi jättää työaukon ja viemärit kytkeä toisiinsa vasta moduulin asentamisen jälkeen. Siitä kuitenkin aiheutuu ylimääräistä työtä työmaalla eikä asunnon pintoja saada viimeistelyä tehdasolosuhteissa. Muiden asuntojen seinässä kulkeva viemäri ei saa aiheuttaa ääntä, joten viemäriin tulee olla Geberitin Silent tai vastaava. Jokainen asuntomoduli on oma palo-osastonsa, joten kennossa kulkeva viemäri on myös palo-osastoitava ettei se heikennä rakennetta. Palosuojauksen voisi tehdä palomansetilla kerrosten välillä tai eristämällä koko viemäriin 80 mm palamattomalla eristeellä (LVI 23-10311 2000, 3-4). Paloeriste ei kuitenkaan seinäkennon sisälle mahdu.

Liitteessä 2 on esitetty vesi- ja viemärointi suunnittelun pohjapiirustukset.

4.2.4 Ilmanvaihto

Teräskennorakenteen jäähdytystarpeesta johtuen ilmanvaihto on helpoin toteuttaa keskitetysti, yhdellä isolla ilmanvaihtokoneella. Katolla olevasta konehuoneesta lähdetään viidellä elementtihormilla. Kerroksen jokaista asuntoa kohden on siis oma hormi ja päällekkäiset asunnot ovat samassa hormissa.

Ilmanvaihto lähdettiin suunnittelemaan kolmen kanavan hormilla joka asuntoon. Tulo- ja poistoilman lisäksi viedään keittiön likainen poistoilma omalla kanavalla katolle. Oma keittiönpoistokanava pitää yleispoistokanavat siistimpinä, mutta myös keittiön tehostus on näin helpompi toteuttaa. Hormeissa kulkevan ilman piti mahtua halkaisijaltaan 250 mm kanavaan, jotta käytävän leveys täyttää vielä määräykset. Hormien kanavat päätettiin heti alkuun laittaa alhaalta ylös asti samankokoisina, jotta paineet kanavissa olisivat tasaisemmat.

Hormilta asuntomodουλille on käytävän leveyden verran tilaa kytkentäkanaville. Heti hormin läheisyyteen sijoitetaan jokaiseen kanavaan moottoroitu ilmamääräsäädin. Moduulin pintaan, osittain betoniseinän sisään asennetaan EI60 palopellit. Hormi on alhaalta ylös asti yhtä palo-osastoa, mutta jokainen asunto on oma palo-osastonsa. Tehtaalla asennettaviin kanaviin laitetaan moduulin seinään kiinni äänenvaimentimet. Niillä estetään koneelta kuuluvan melun lisäksi äänen kulkeutuminen käytävältä kanavaa pitkin asuntoon. Tehtaalla voidaan suorittaa päätelaitteiden tasapainotus valmiiksi, koska joka kanavalla on oma ilmamääräsäädin heti käytävän puolella.

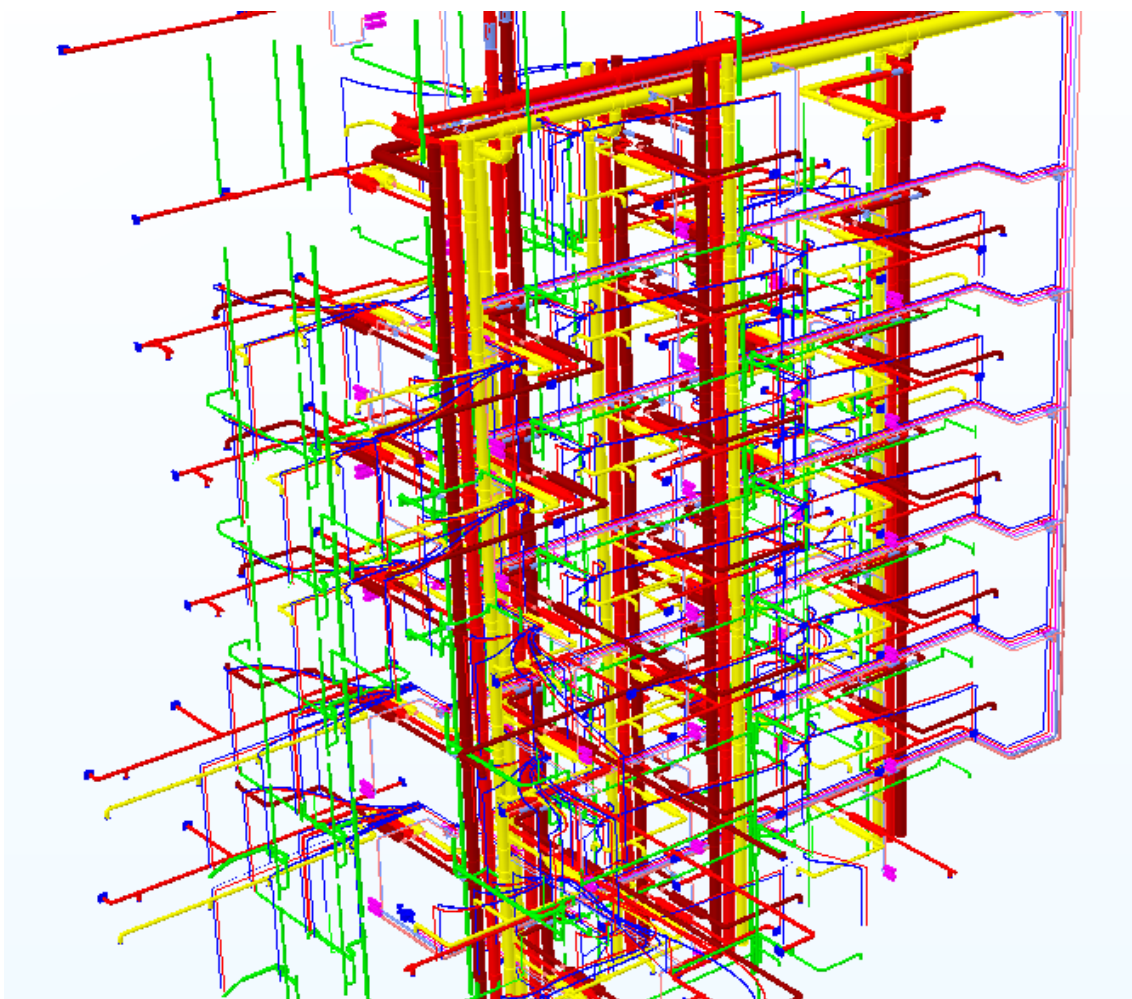
Käytävältä liitytään kaikkiin asuntoihin eteisen kohdalta, koska siellä on alaslaske- tussa katossa niille riittävästi tilaa. Käytävällä kytkentäkanavat tulisi saada mahdollisimman suoraan, jotta palopelleille ja ilmamääräsäätimille on riittävästi asennustilaa. Hormien sijoittelussa tulisi huomioida vastakkaisen asunnon kanavien sijainti, jotta turhalta risteilyltä käytävässä vältyttäisiin.

Liitteessä 3 on esitetty ilmanvaihdon pohjapiirustukset.

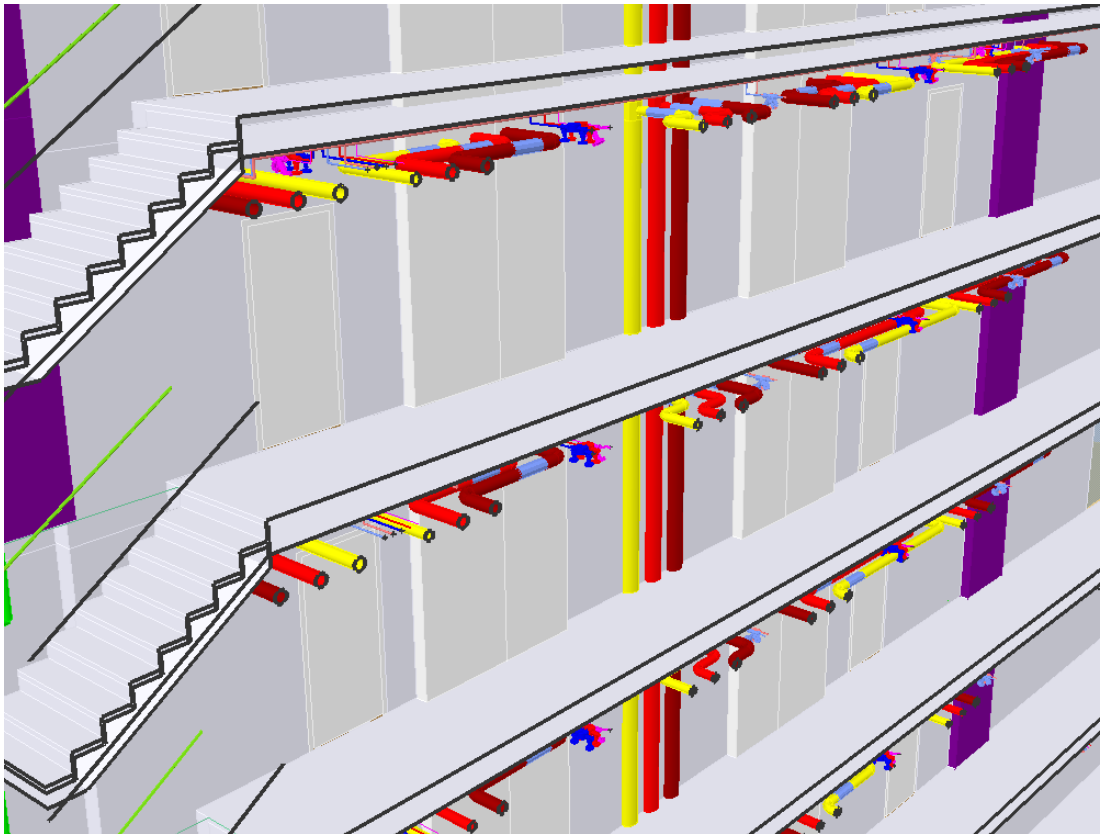
4.2.5 Talotekniikan IFC mallinnus

Concellsista on kaikkien suunnitelmien osalta tehty IFC malli. Mallin avulla on helppo tarkastella kokonaisuuden toimivuutta ja tilan riittävyttä. Talotekniikan osalta malli on erityisen hyvä risteilyjen tarkastamiseen.

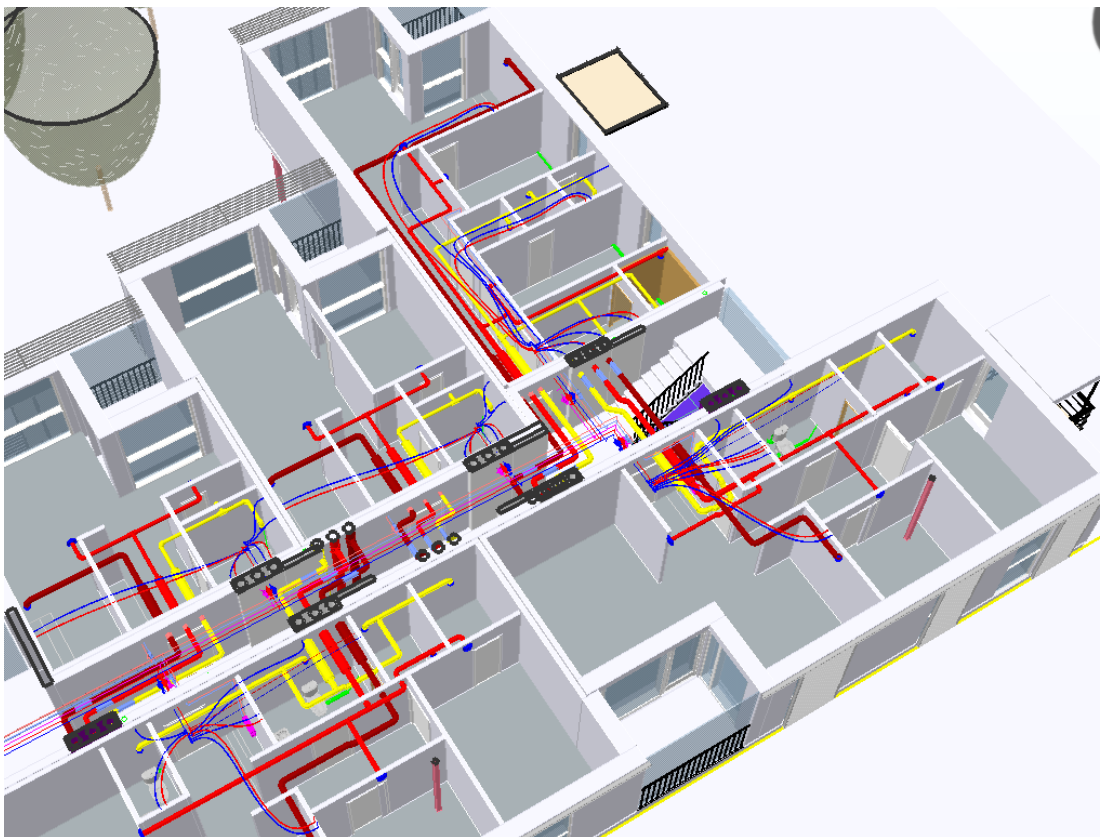
Suunnittelu on tehty Kymdatan CADS -ohjelmalla, jolloin kaikki suunnittelu tehdään korkeudet huomioiden ja IFC malli syntyy samoista piirustuksista kuin perinteiset 2D-piirustukset. Kuvissa 4.7 - 4.9 on esitetty virtuaalikohteen mallinnuksella tehtyjä kuvia.



Kuva 4.7. IFC malli Concells kerrostalon talotekniikasta



Kuva 4.8. Käytäväleikkaus mallista

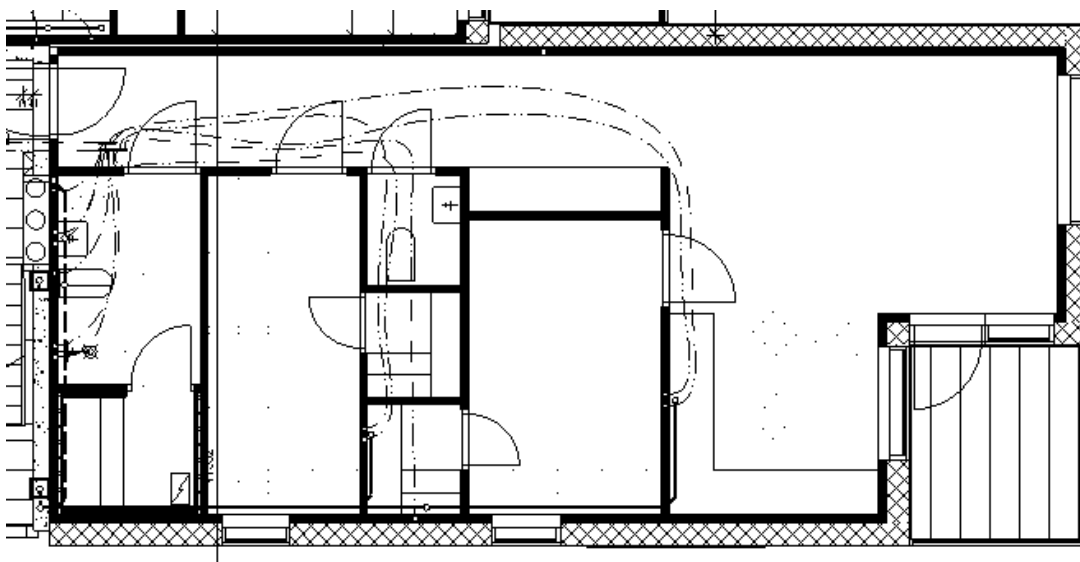


Kuva 4.9. Toisen kerroksen talotekniikka ylhäältäpäin mallinnettuna

5 TALOTEKNISEN SUUNNITTELUN TULOKSET

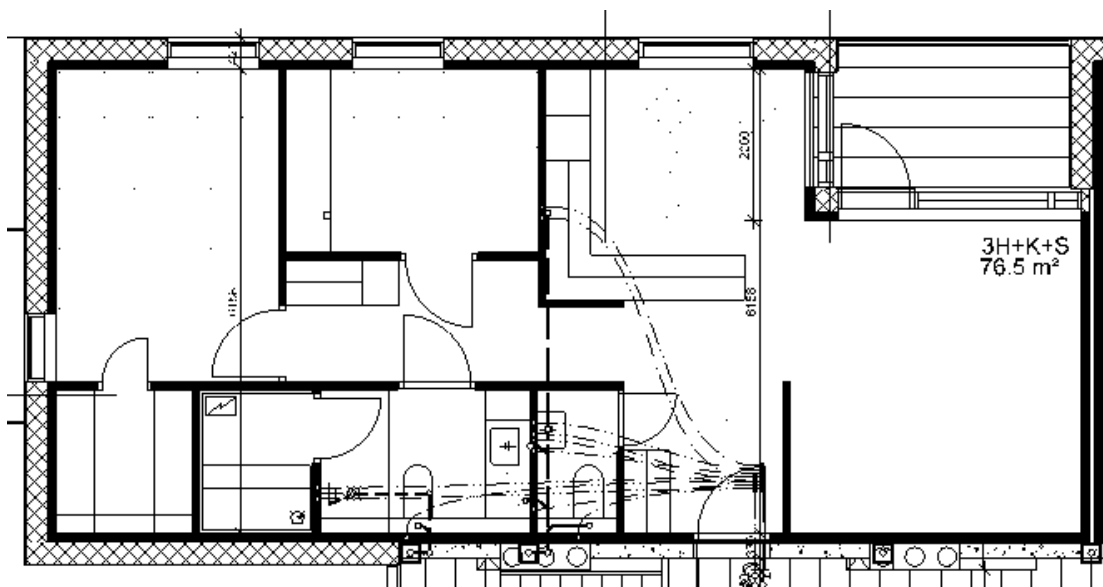
5.1 Concellsin suurimmat ongelmakohdat

Asunnossa 6 lattiakennnot kulkevat käytävän suuntaisesti, joten erillistä wc tilaa ei voi sijoittaa keskelle asuntoa. Viemärit on kuljetettava kotelolla muiden huoneiden läpi käytäväseinälle. Arkkitehtipiirustuksesta poiketen erillis-wc on suunniteltu vaatehuoneen kohdalle. Tässä asunnossa myös keittiö on viemärintensä vuoksi turhan kaukana käytävältä. Keittiön viemärinti ei ole mahdollista seinäkennon ytimen sisällä alas, koska osa alapuolella olevista asuntomoduuleista on lyhyempiä.



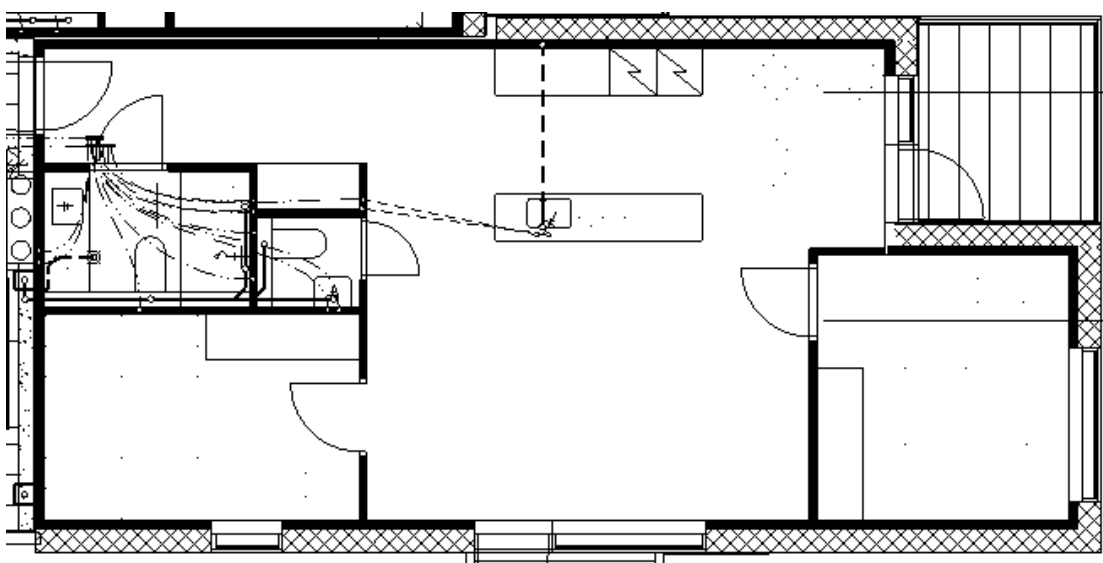
Kuva 5.1. Asunto 6 vesi- ja viemärintipiirustus

Asunnon yhdeksän kylpyhuoneessa lattiakaivo on liian kaukana muiden vesipisteiden runkoviemäristä. Lattiakaivon takia on jouduttu lisäämään ylimääräinen viemärinousu johon myös kylpyhuoneen wc-istuin on yhdistetty.



Kuva 5.2. Asunto 9 vesi- ja viemärintiirustus

Asunnossa 11 keittiön viemärointi suunniteltiin seinän teräskennon ytimen sisällä alas. Liitos muiden moduulien läpi kulkeviin runkoviemäriin lisää töitä työmaavaiheessa eikä ole suositeltava ratkaisu.



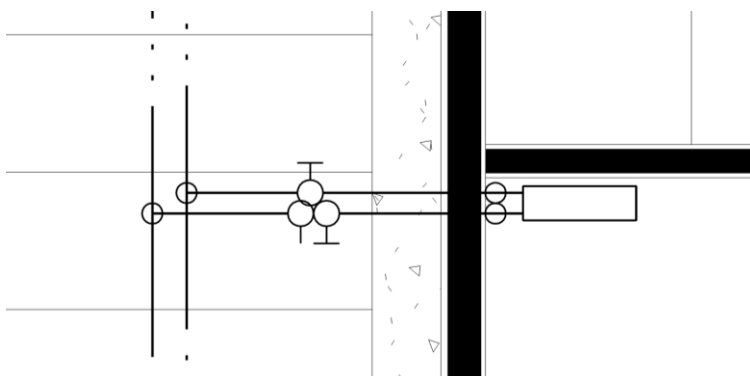
Kuva 5.3 Asunnon 11 vesi- ja viemärintiirustus

5.2 Käyttökelpoiset ratkaisut ja liitosdetaljit

Suunnittelussa haluttiin käyttää olemassa olevia valmisosia, jotta ratkaisusta saataisiin mahdollisimman kustannustehokas eivätkä tuotteet olisi yhden valmistajan va-

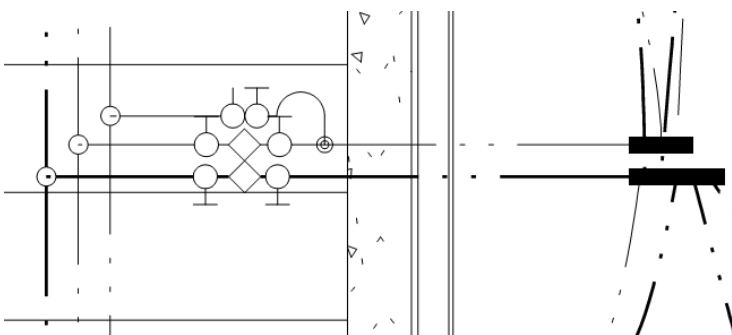
rassa. Eniten ongelmia tässä aiheutui viemäreiden liitoksissa ja lattiarakenteen korkeuden riittävydessä.

Lämmitysputkien liitos tehdään kuilusta teräsputkilla, kuten perinteisessä rakentamisessakin on totuttu. Liitos asuntoelementistä tuleviin putken päihin vaatii työaukon betoniseinässä. Kuvassa 5.4 esitetty lämmitysputkien liitos käytävältä asuntomoduliin.



Kuva 5.4. Lämmitysputkien liitos käytävältä asuntomoduliin

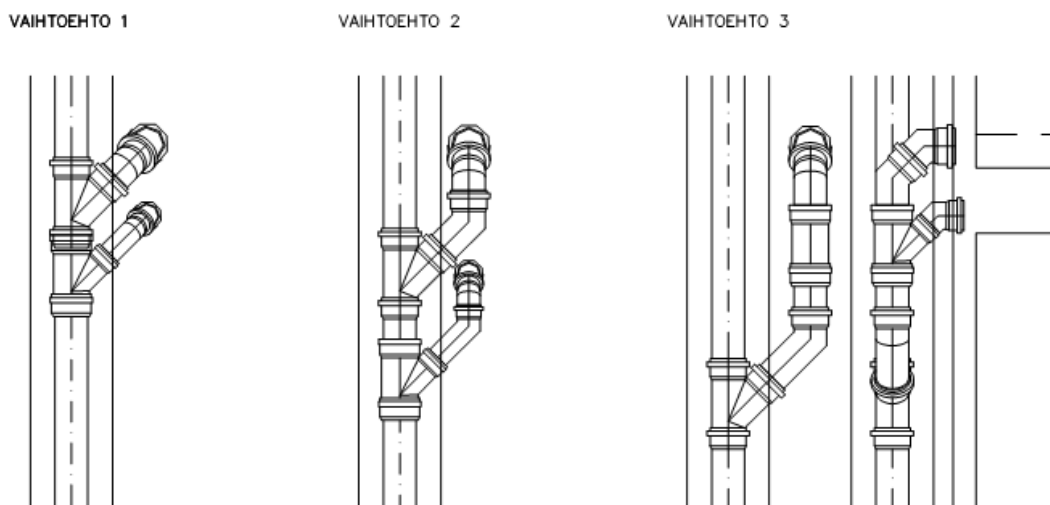
Käyttövesiputket tuodaan myös kuilusta normaalisti kupariputkilla käytävän katossa. Liitokset asuntoelementissä oleviin putkenpäihin vaatii työaukon betoniseinässä kuten lämpöputkillakin. Kuvassa 5.5 on esitetty vesiputkien liitos käytävältä asuntomoduliin.



Kuva 5.5. Vesiputkien liitos käytävältä asuntomoduliin

Viemärien osalta jouduttiin enemmänkin miettimään liitoksia. Lattian päällä kotelossa kulkevat viemärit tulevat asunnosta ulos noin 200 mm korkeammalta kuin lattia-

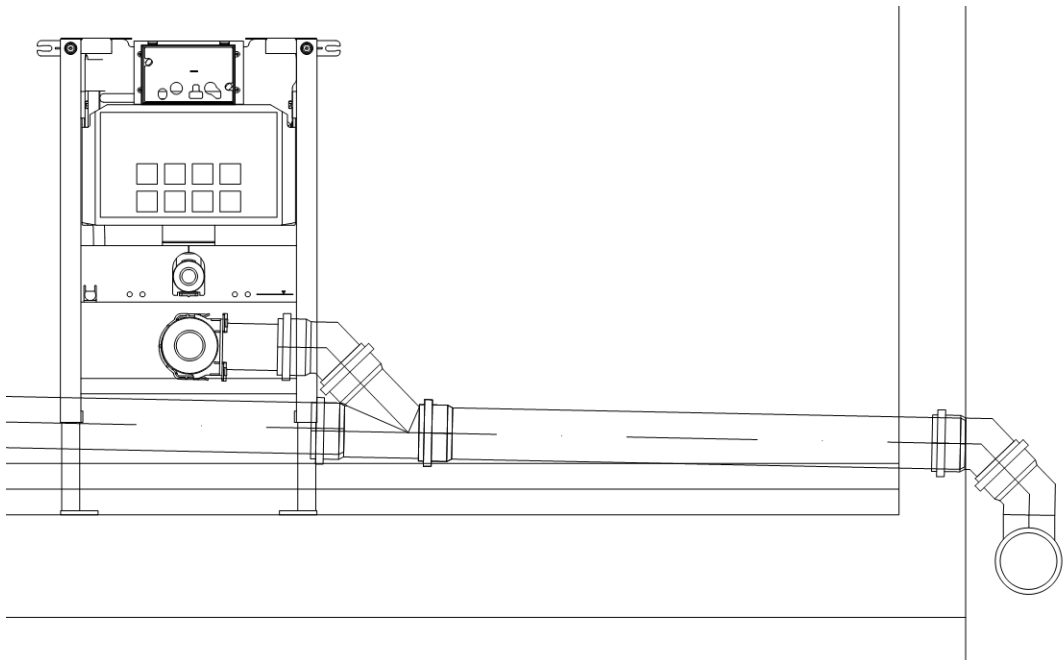
kennoissa kulkevat viemärit. Kahden eri viemäriin liittymisestä toisiinsa ja hormiin on mietitty kolme eri liitosvaihtoehtoa. Kuvassa 5.6 on esitetty eri liitosvaihtoehdot.



Kuva 5.6. Asunnon viemärien liitos runkoviemäriin

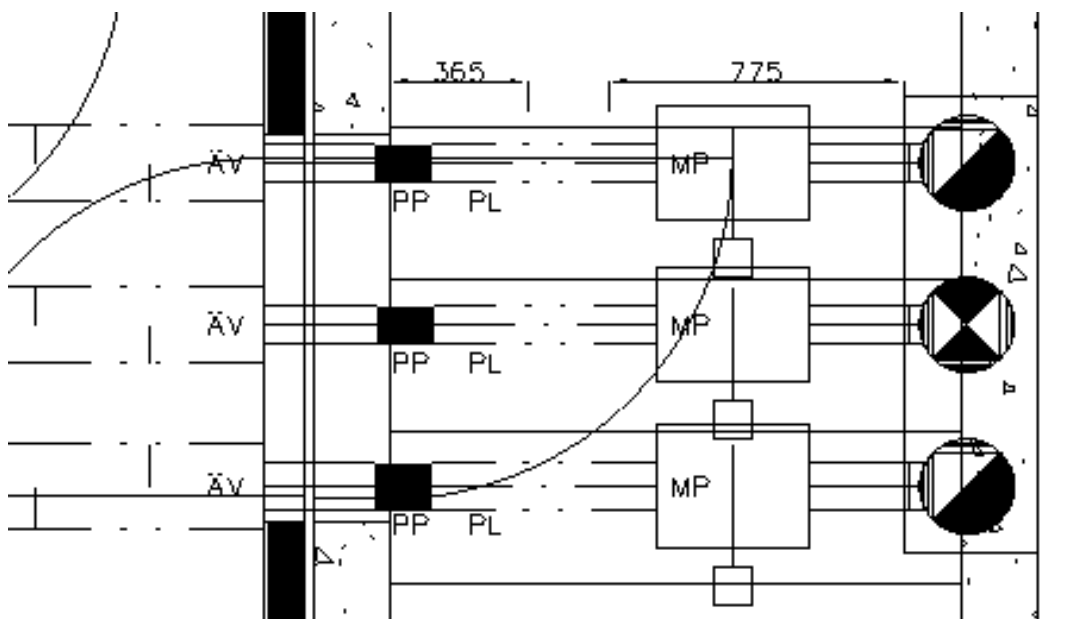
Ensimmäinen vaihtoehto liittyisi 45 asteen kulmassa runkoviemäriin heti elementin pinnasta. Tämä ratkaisu vie vähiten tilaa, mutta siinä on myös vähiten asennustoleranssia. Toinen vaihtoehto on viedä viemäreitä elementin pinnasta ensin alaspäin ja liittyä noin 150 mm alempana hormiin. Näin saadaan kulmaosien väliin suoraa viemäriä jolloin asennus työmaalla helpottuu. Kolmas vaihtoehto on liittää asunnosta tulevat viemärit toisiinsa pystysuunnassa ja liittyä yhdellä haaralla runkoviemäriin. Tämä vie käytävässä kaikkein eniten tilaa korkeussuunnassa ja vaatii ison työaukon betoniseinään. Concellsin kuvat on piirretty kolmannen vaihtoehdon mukaan.

Viemäreistä tutkittiin myös kahden pytyn liittymistä samassa kotelossa kulkevaan viemäriin. Koteloitu seinä wc on mahdollista liittää 45 asteen kulmassa lattian päällä kulkevaan viemäriin ja kallistuksillekin jää hyvin tilaa. Kuvassa 5.7 on esitetty wc-istuimen liitos alta kulkevaan viemäriin.



Kuva 5.7. Koteloitavan seinä wc:n viemärointi, kun samalla kotelolla on useampi wc-istuin.

Ilmanvaihdossa ihanteellisin tilanne olisi liittyä hormista suorilla kanavilla asuntomoduulin kanavapäihin. Näin saadaan riittävästi tilaa käytävän puolelle asennettaville ilmamäärsäätimille sekä palopelleille. Mutkat käytävällä ovat mahdollisia, kunhan kuvassa 5.8 esitetyt vähimmäismitat kanavaosille on mahdollista toteuttaa.



Kuva 5.8. Ilmanvaihtokanavien liitos käytävältä asuntomoduuliin

5.3 Luonnosvaiheessa huomioitavia asioita

Lämmityksen suunnittelu kennorakenteiseen kerrostaloon ei eroa normaalirakentamisesta. Tehontarve asunnoissa on vastaava kuin muissa saman U-arvon rakenteilla tehdyissä kerrostaloissa. Putkilla päästään liikkumaan kennorakenteessa esteettä ja lämmönjakotavoiksi kelpaavat yhtä hyvin patterit kuin lattialämmitys.

Lämminvesikierto liitetään käytävän puolella, joten lämpimän veden odotusaika voisi venyä yli 10 sekuntiin, jos etäisyys jakotukilta olisi liian pitkä. Luonnosvaiheessa on hyvä kiinnittää huomiota etteivät vesipisteet ole kovin kaukana toisistaan. Käytännössä käsienpesuallas voi olla n 5,5 metrin ja suihku, wc-istuin sekä keittiön hanat noin 11 metrin päässä vesiputkien liitoskohdasta, jotta odotusajat pysyvät sallituissa rajoissa. Näissä asunnoissa eivät lämpimänveden odotusajat aiheuttaneet ongelmia. Asunnon sisällä muovisilla kytkentäputkilla pääsee kulkemaan rajoituksetta.

Vesipisteitä sijoittaessa tulisikin enemmän kiinnittää huomiota viemäriin. Käytävälle päin kulkevissa kennoissa olisi suotavaa saada sijoitettua viemäreitä mahdollisimman monta yhdelle kennoytimelle, jotta asunnosta ulos tulevia liitoskohtia tulisi mahdollisimman vähän. Käytävän suuntaisissa kennoissa pitää kotelolla päästä reuimmiselle kennolle, josta viemärit on mahdollista koota yhteen ennen liitosta ulos asuntomoduulista. Märkätilojen ja keittiöiden sijoittaminen lähelle käytävää helpottaa viemäröintiä. Yksittäisen keittiön viemäröinti on mahdollista moduulien seinän sisällä, mutta seinän tulee jatkua alhaalta ylös asti. Liitoksen tekeminen työmaalla voi olla haastavaa, joten tätä ratkaisua ei voida suositella.

Ilmanvaihtokanavien äänenvaimentimille pitää varata riittävästi tilaa esim. eteisen kattoon liitoksen jälkeen. Asuntomoduuleissa välipohja vie normaalia enemmän tilaa, joten kanavien risteilylle ei jää asunnoissa paljoakaan tilaa. Risteily on pienemmillä kanavilla kuitenkin mahdollista. Tilojen sijoittelussa voidaan huomioida eripuolille asuntoa tuloa vaativat oleskelutilat ja poistoa vaativat tilat kuten märkätilat. Päällekkäiset asunnot kytketään yhteiseen hormiin eikä niiden tulisi olla toistensa peilikuvia. Eri suuntiin lähtevät kanavat aiheuttavat asunnoissa turhaa kanavien risteilyä.

6 YHTEENVETO

LVI-suunnittelun alkaessa oli pohjat hormien paikkoja lukuun ottamatta lyöty lukkoon, joten suunnitteluun ei tullut matkan varrella muutoksia. Pilottikohteen rakennustyöt olivat lähes valmiit työn alkaessa, joten sieltä oli tieto työnaikana ilmenneistä ongelmista käytettävissä.

Suunnittelu aloitettiin käytävältä asuntoon päin tulevien kanavien ja putkien sijoittelulla ja tarkentui siitä asunnon sisällä tarvittavan tekniikan mukaan. Monimuotoisissa pohjissa tuli löytää erilaisia ratkaisuja ja niiden myötä tehtiin ohjeistus toimimattomista ratkaisuista luonnossuunnittelua varten.

Valmiista kuvista tehdyn IFC mallin avulla oli helppo tarkastella valittujen ratkaisujen toimivuus ja tilan riittävyttä. Mallin lisäksi tehtiin asuntomoduuleista käytävään tehtävistä liitoksista erilliset detaljit.

Hankkeen tarkoituksena oli löytää mahdolliset ongelmat ja hakea talotekniikan osalta rajoja teräskennorakenteisen moduulitalon suunnitteluun. Piirustuksista löytyneisiin haasteisiin löydettiin yhtä erillis-wc:tä lukuun ottamatta kaikkiin käyttökelpoiset ratkaisut pohjia muuttamatta.

LÄHTEET

Heinisuo, M. & Lahdenmaa, J. 2013. Rakenteet. Teoksessa Sorri, Jaakko (toim.)2013. Moduulirakentaminen: teräskennoteknologian mahdollisuudet. Tampereenteknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennustuotanto ja -talous. Raportti 14.Tampere

NEAPO:n www-sivut 2013

1. www.neapo.fi/fi/www/att.php?id=19
2. <http://www.neapo.fi/fi/www/page.php?id=114>
3. <http://www.neapo.fi/fi/www/page.php?id=148>
4. <http://www.neapo.fi/fi/www/popupcard.php?id=29>

Arkkitehtitoimisto Hedman & Matomäki Oy, 2012, 2010-10-17 osapiirustukset, Liideri projektipankki

NEAPO, 2011, Concells kick off muistio, Liideri projektipankki

Kalema, T. & Joutsu, J. 2012, seminaari 6.6.2012, Liideri projektipankki

Arkkitehtitoimisto Hedman & Matomäki Oy, 2012, 2012-10-17 työpiirustukset, Liideri projektipankki

Ramboll, 2012, leikkausdetaljit, Liideri projektipankki

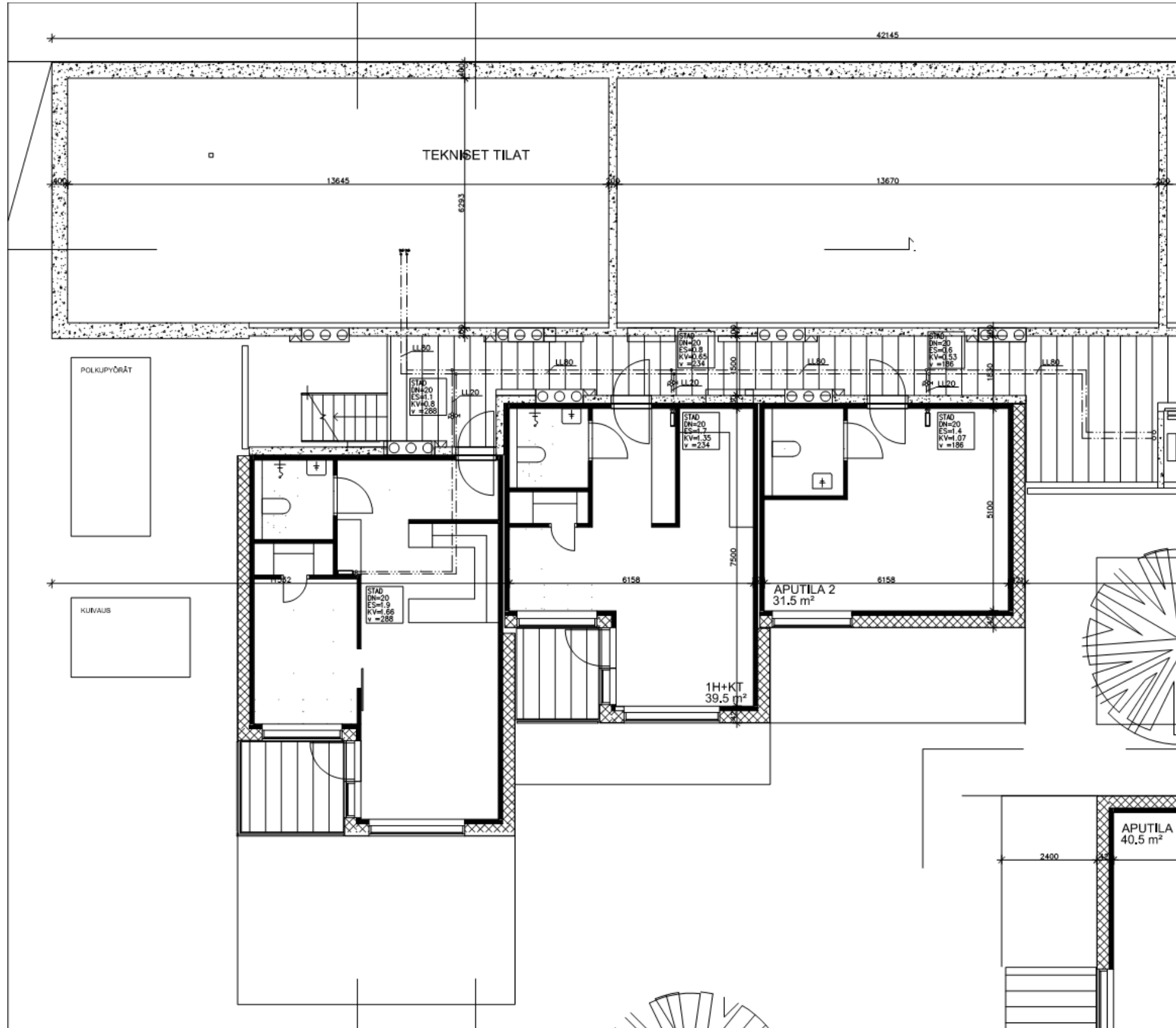
Elpotek, 2011, Yritysesite Elpotek Oy, www.rudus.fi/elpotek/aineisto

Suomen RakMK D1, 2007, Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet, Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto ja rakennusosasto

LVI 23-10311, 2000,Muoviviemärien palo- ja äänitekkinen asennusohje, Helsinki: Rakennustieto

Pohjapiirustus Lämmitys

1.krs



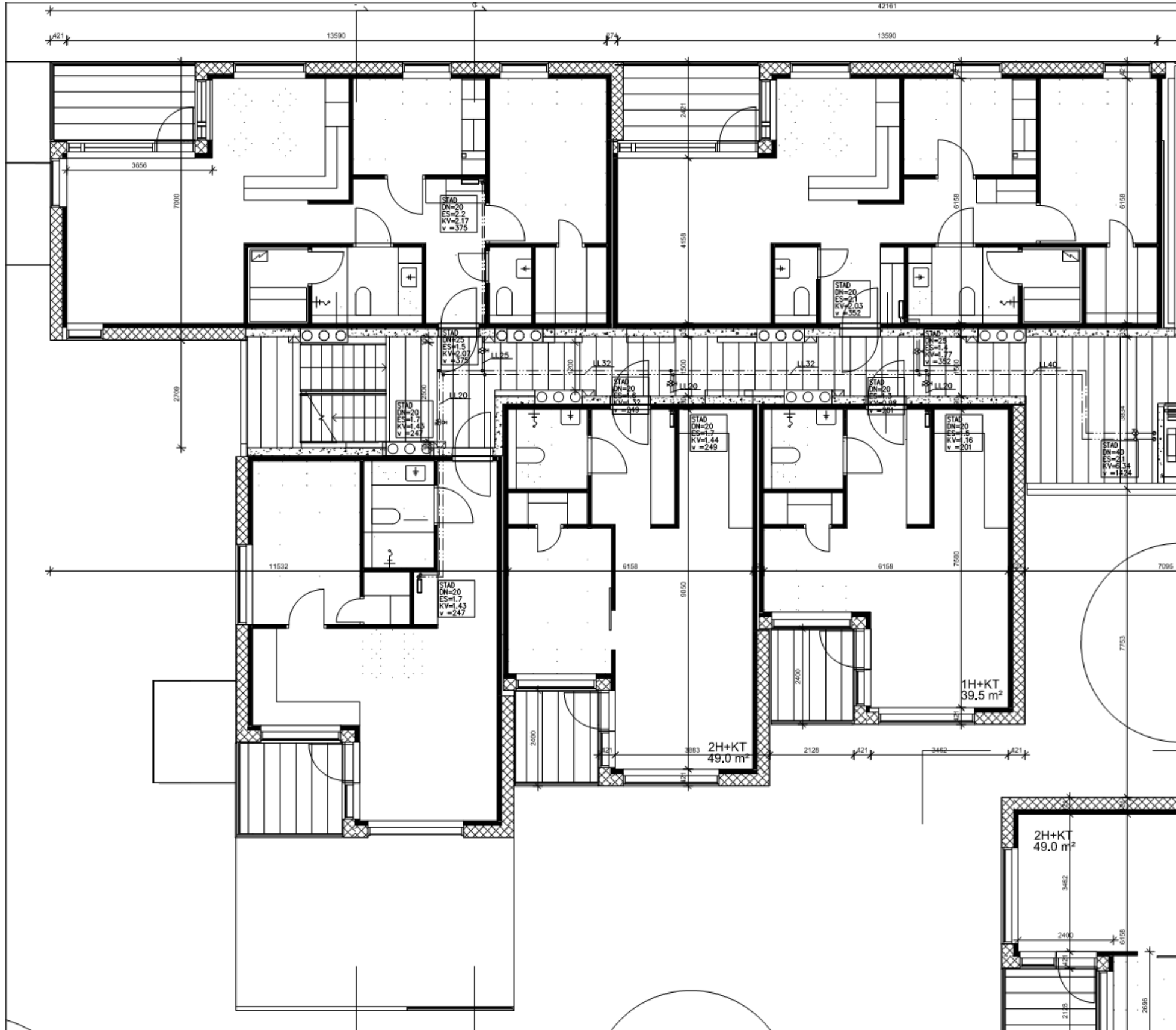
Pohjapiirustus Lämmitys

2.krs



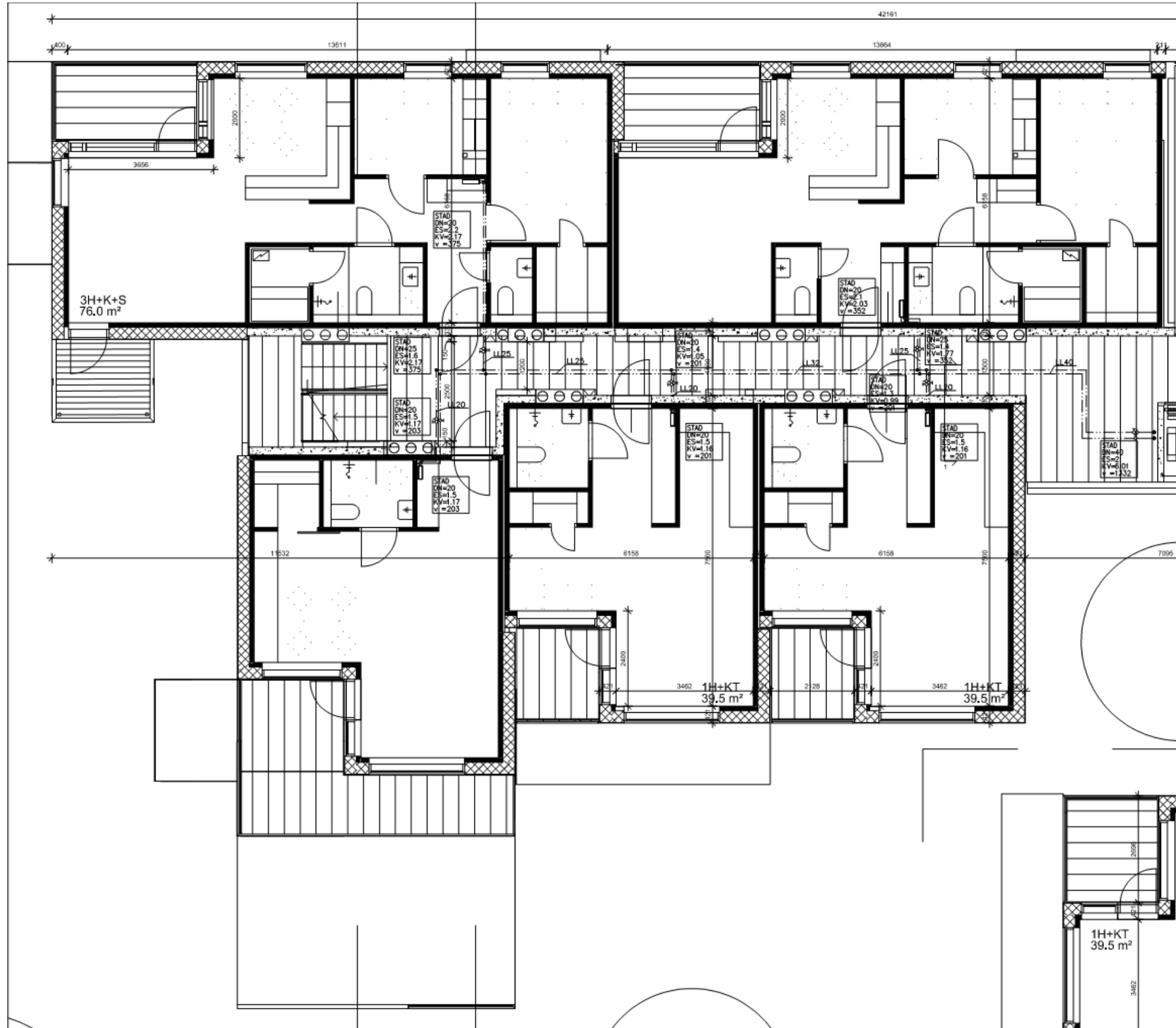
Pohjapiirustus Lämmitys

4.krs



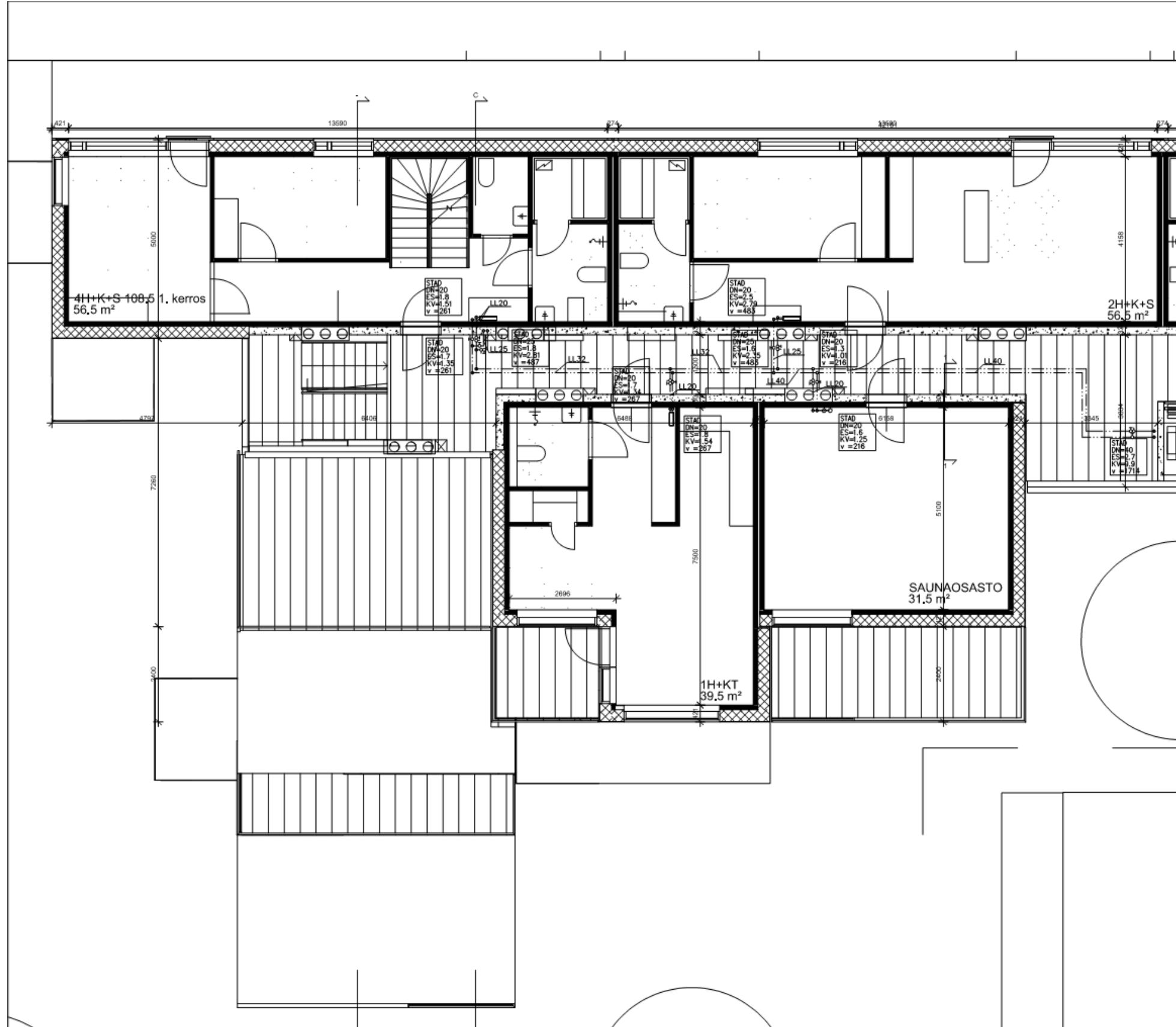
Pohjapiirustus Lämmitys

5.krs

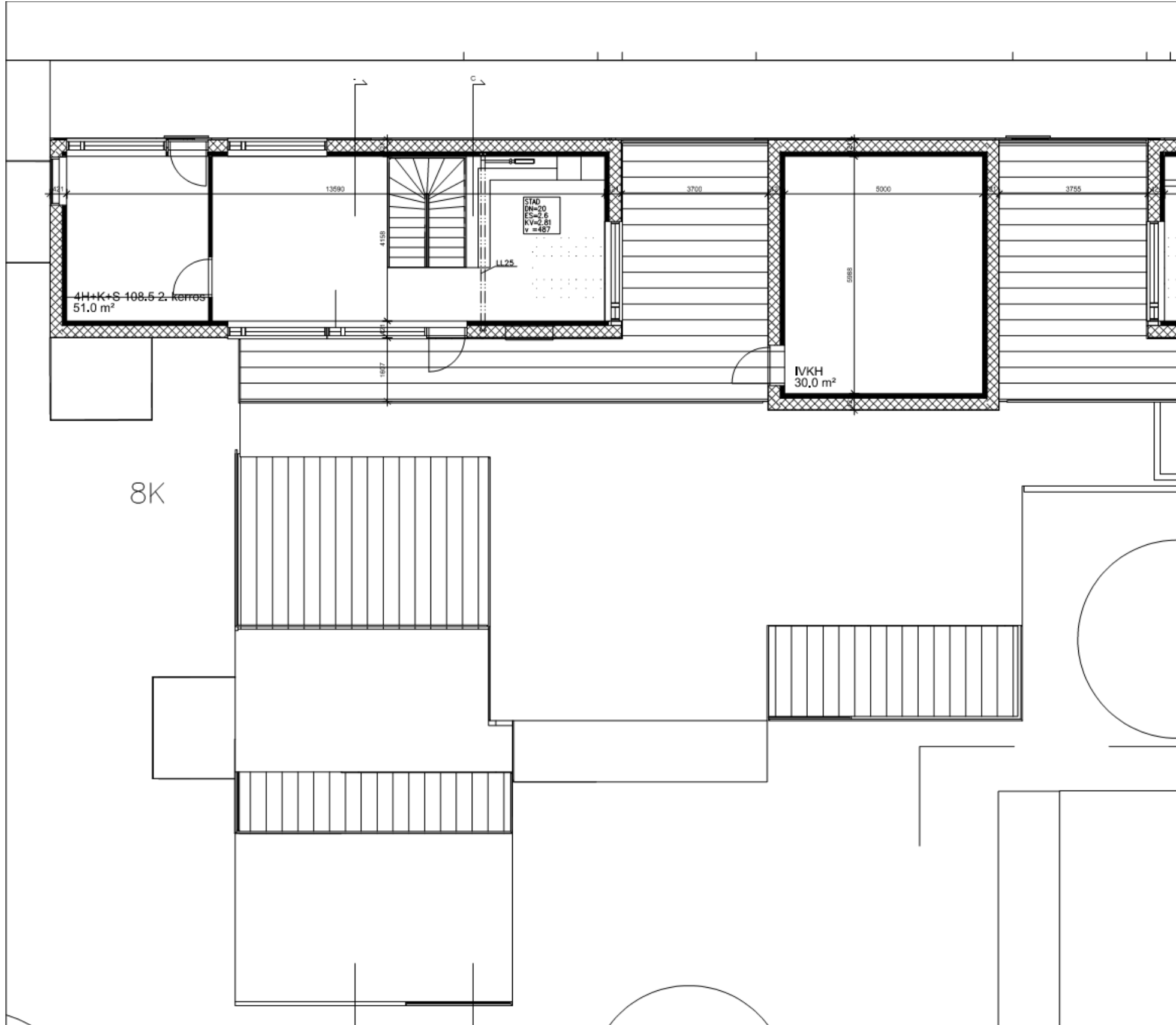


Pohjapiirustus Lämmitys

7.krs

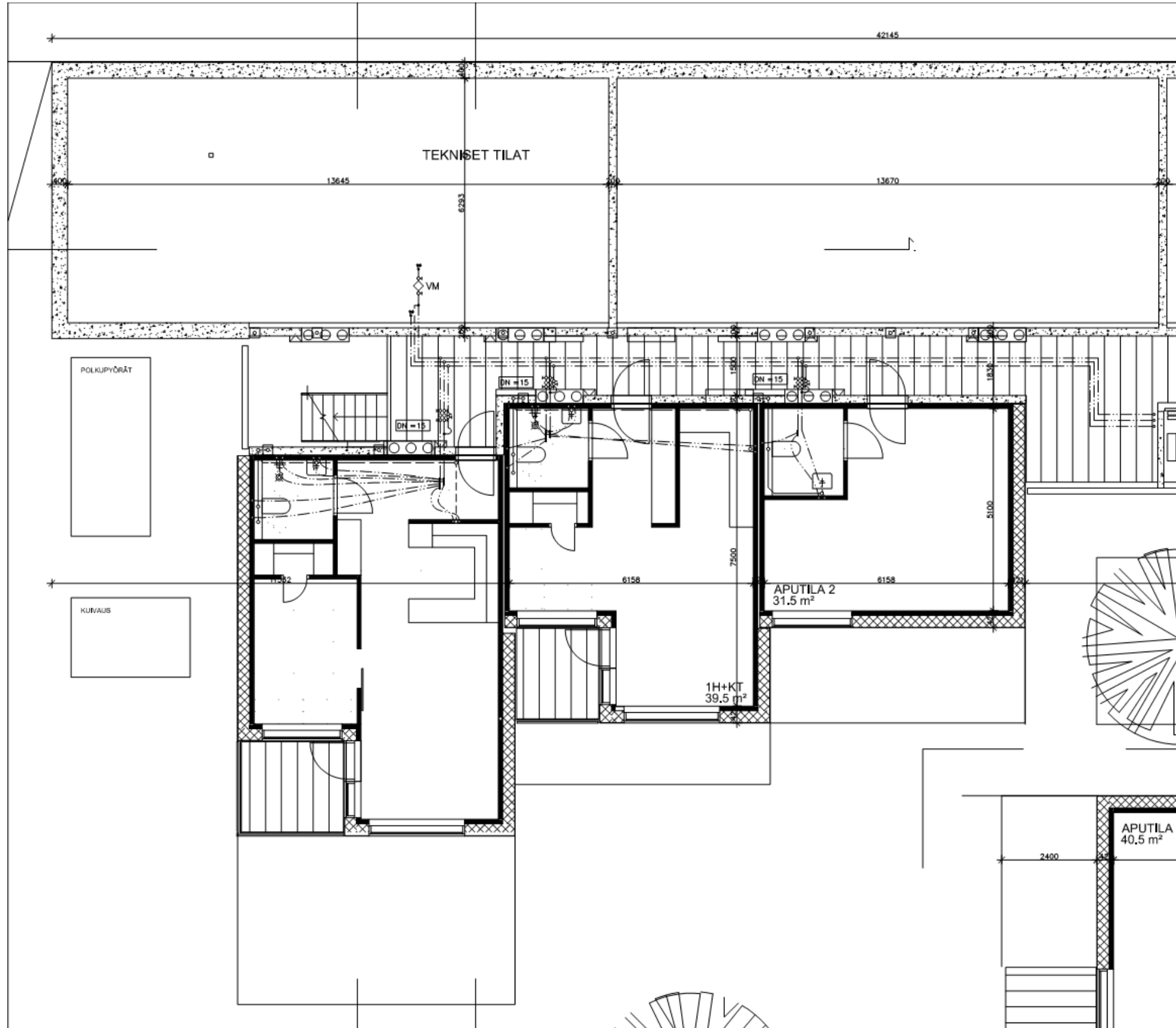


Pohjapiirustus Lämmitys
8.krs



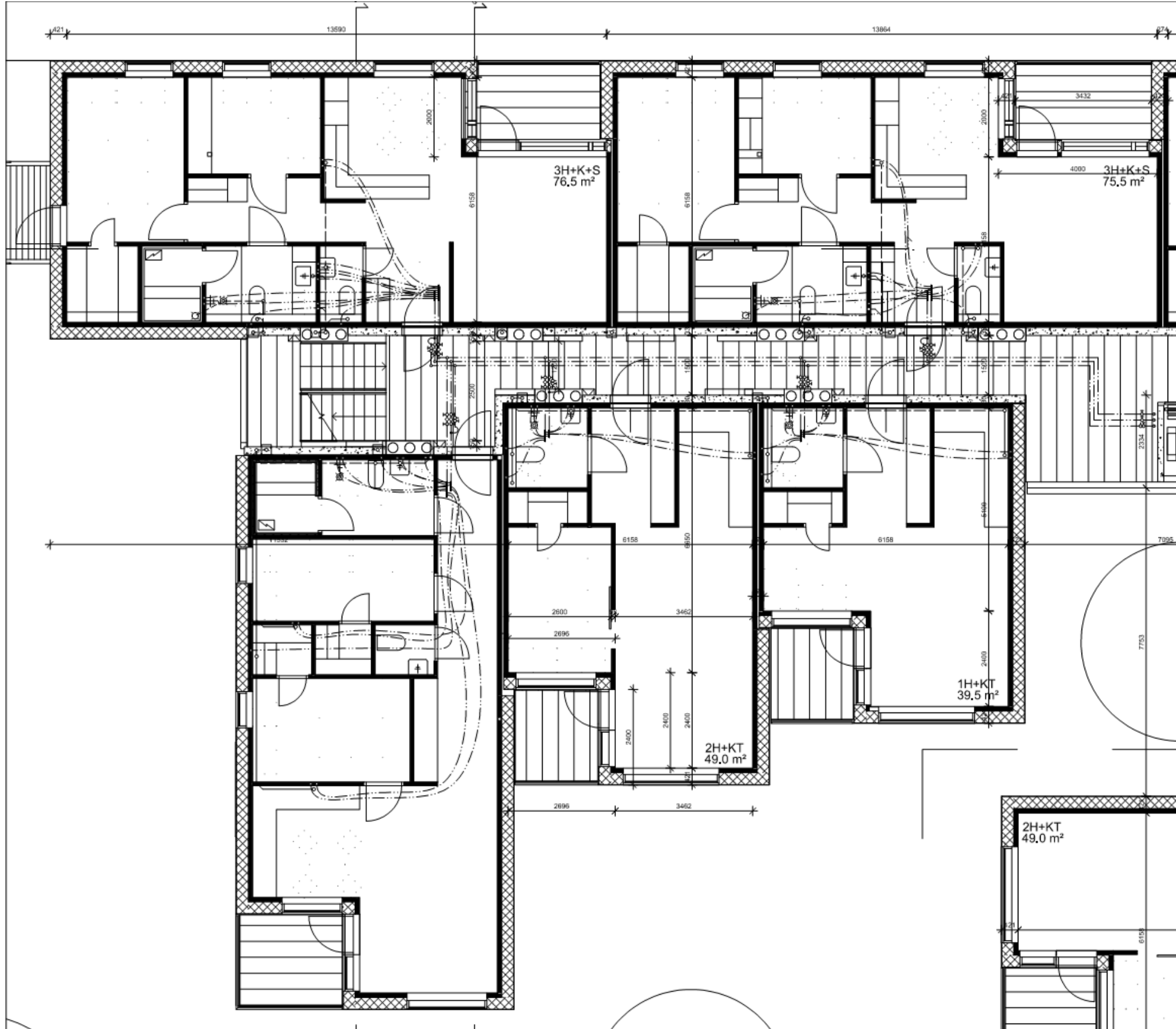
Pohjapiirustus Vesi- ja viemärointi

1.krs



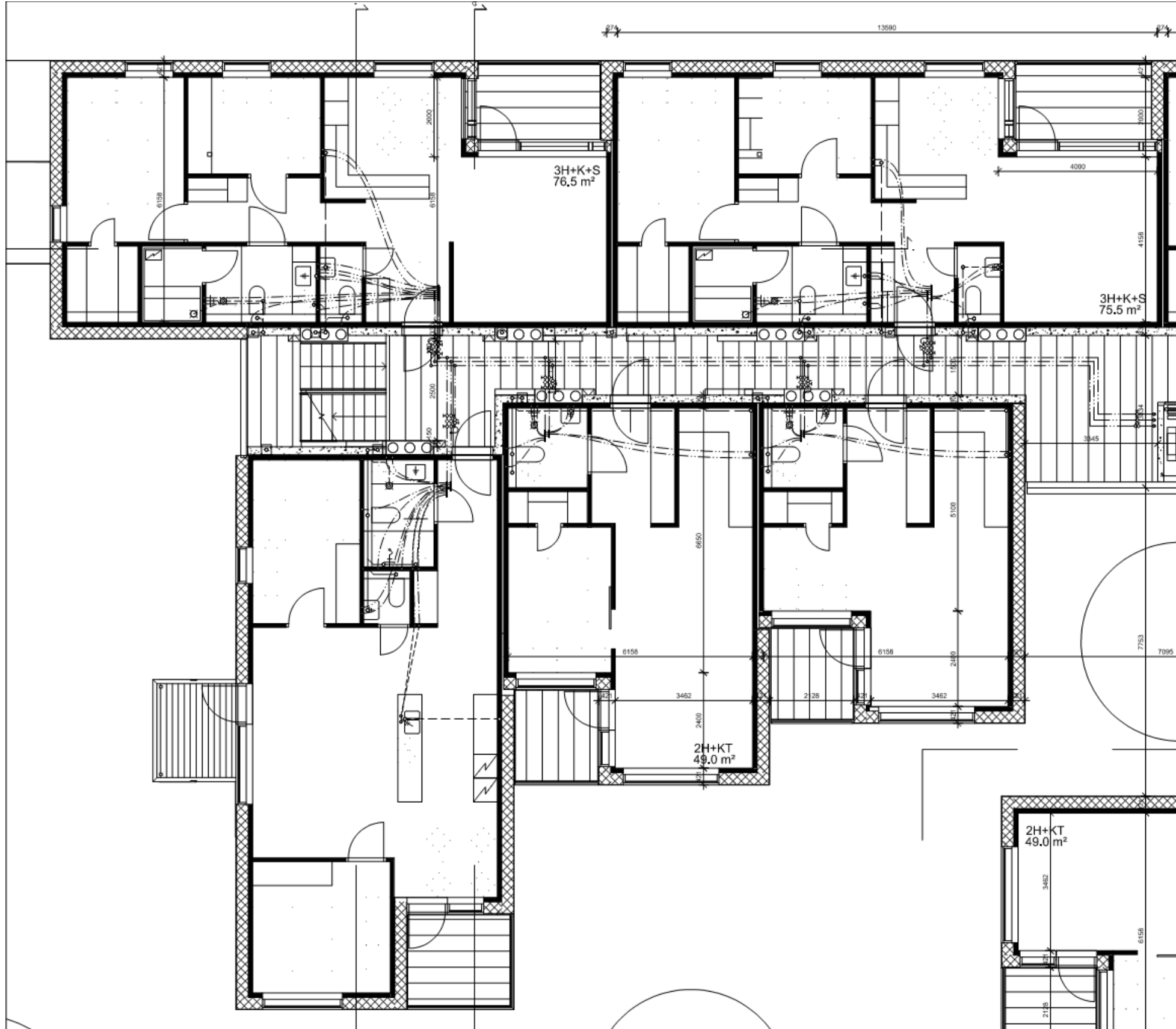
Pohjapiirustus Vesi- ja viemäröinti

2.krs



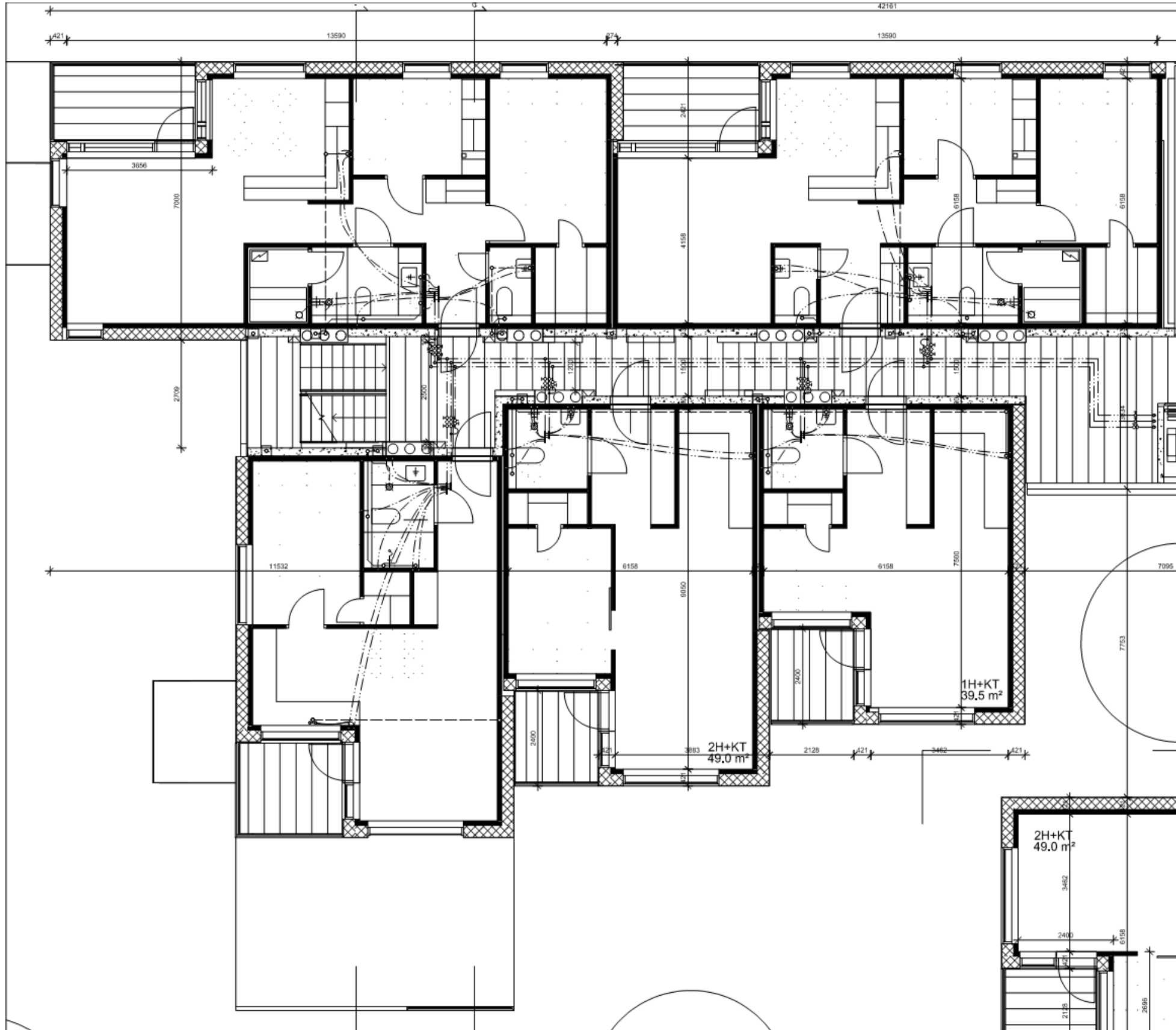
Pohjapiirustus Vesi- ja viemäröinti

3.krs



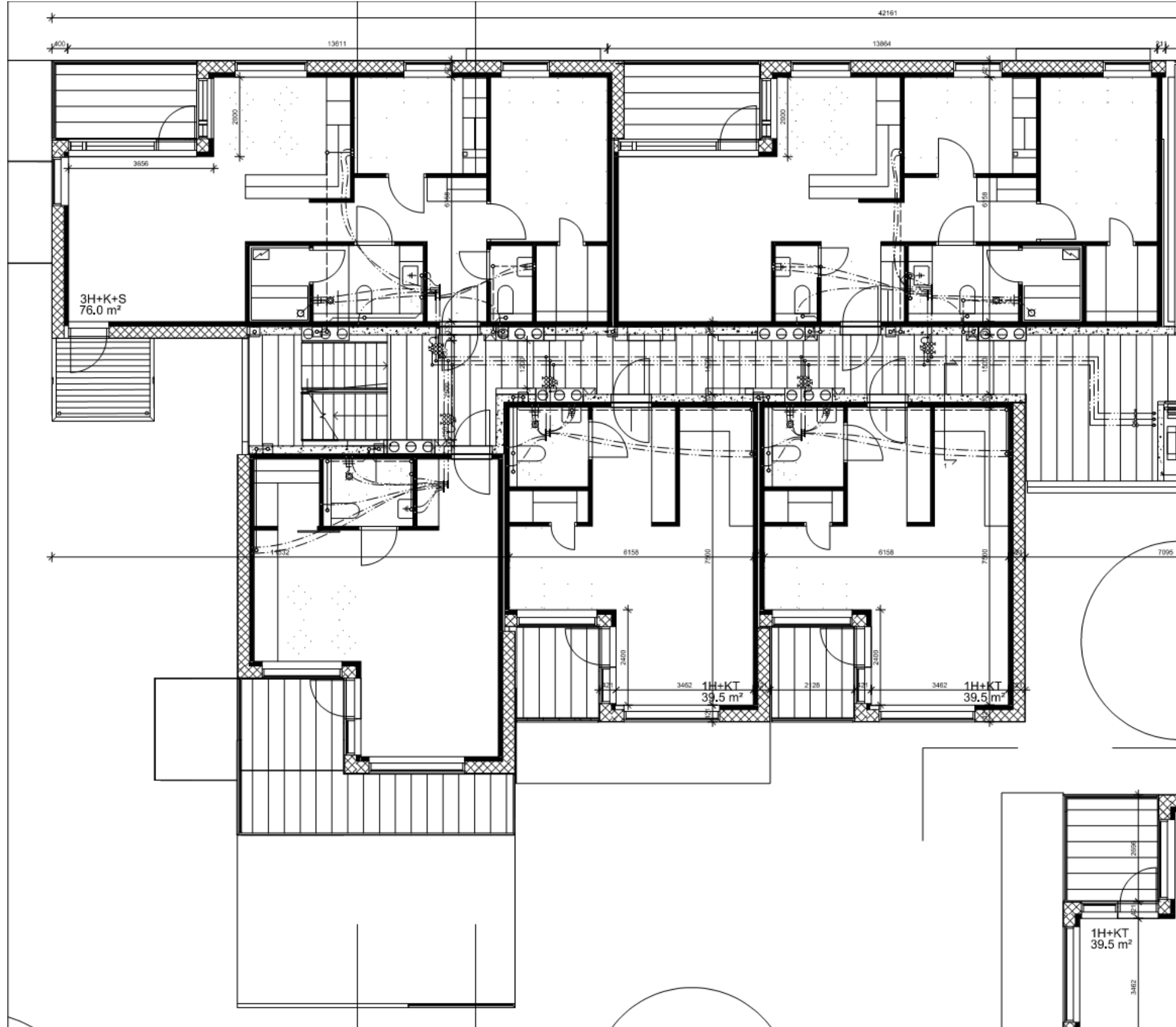
Pohjapiirustus Vesi- ja viemäröinti

4.krs



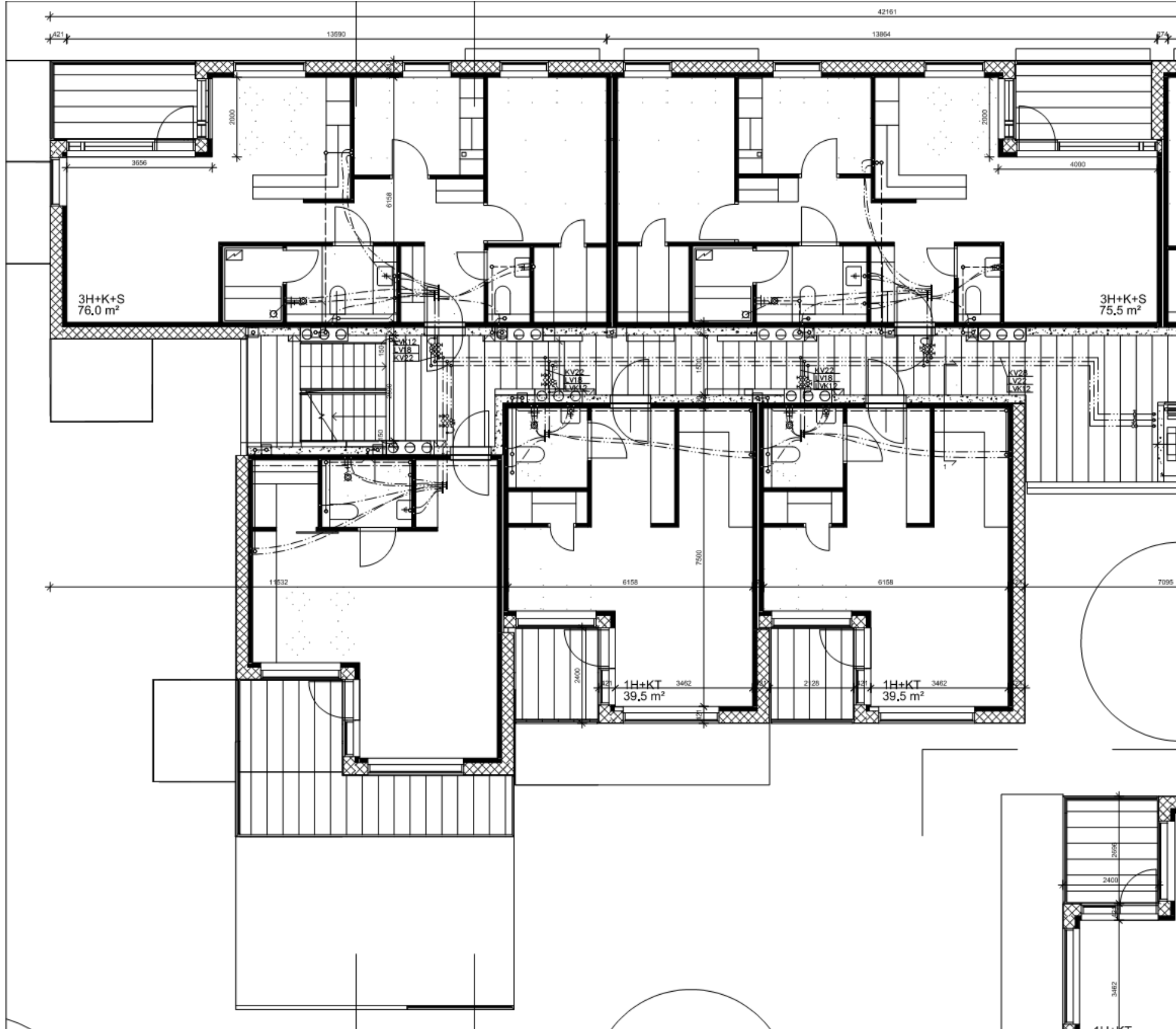
Pohjapiirustus Vesi- ja viemäröinti

5.krs



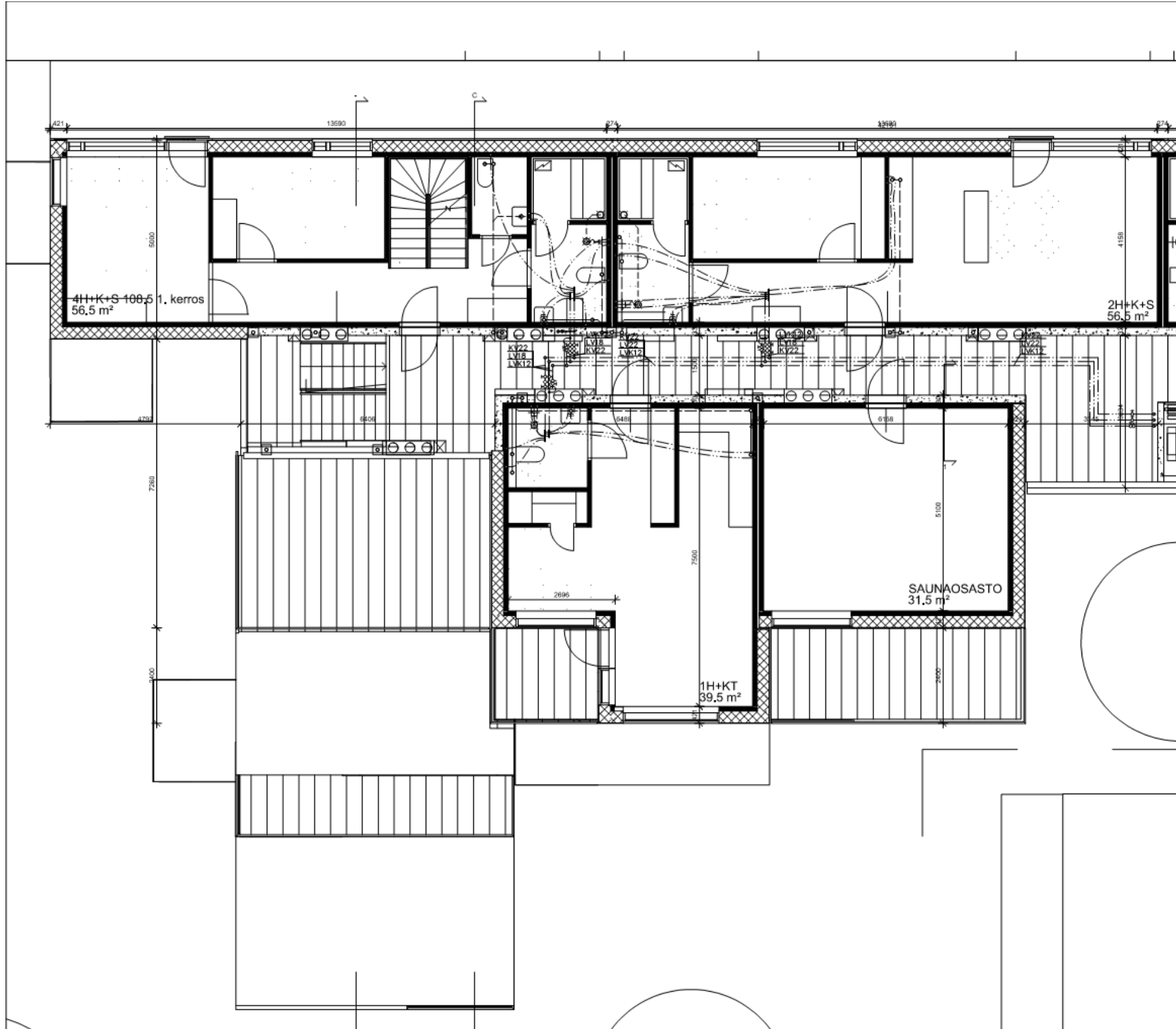
Pohjapiirustus Vesi- ja viemäröinti

6.krs



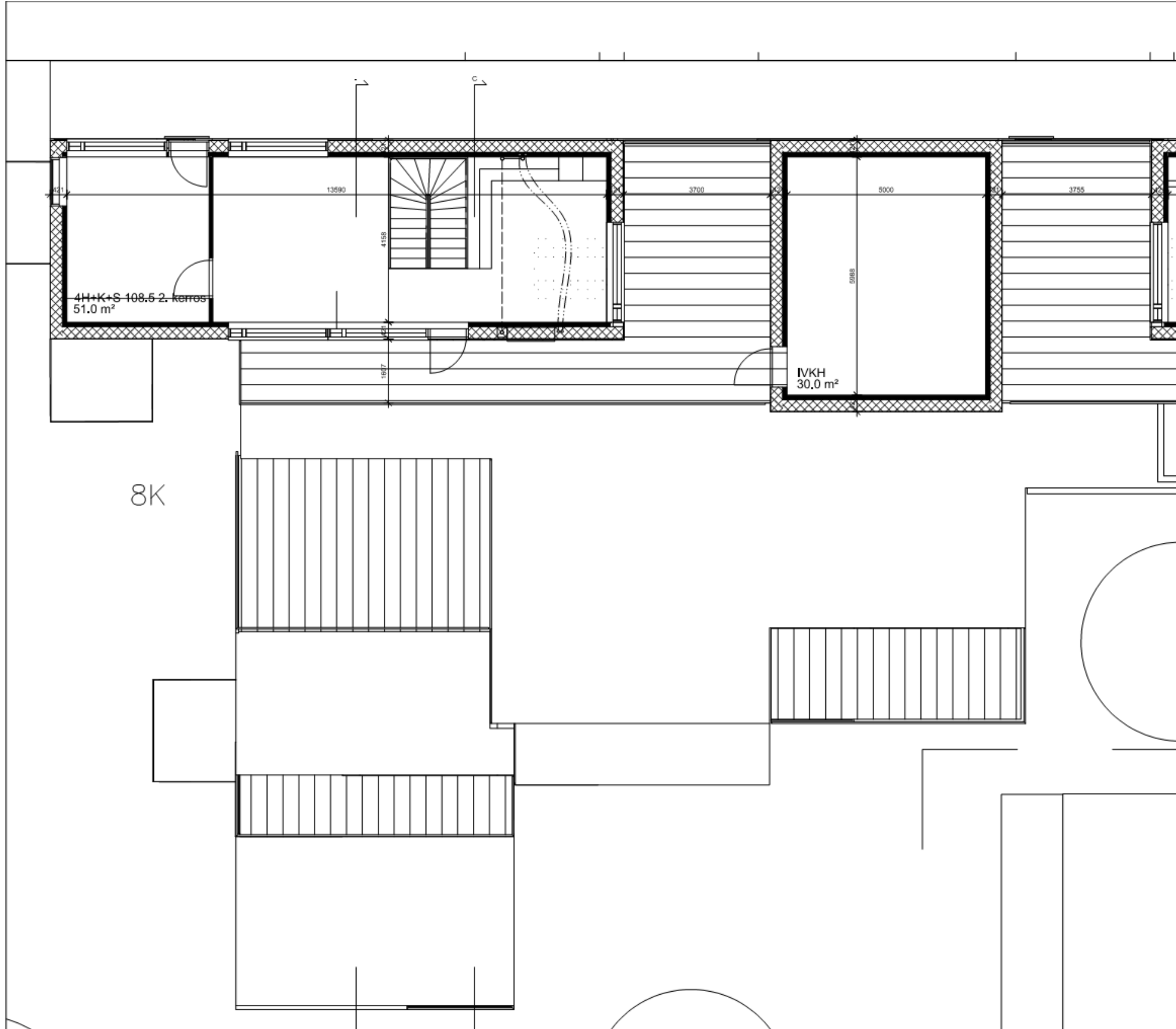
Pohjapiirustus Vesi- ja viemärointi

7.krs



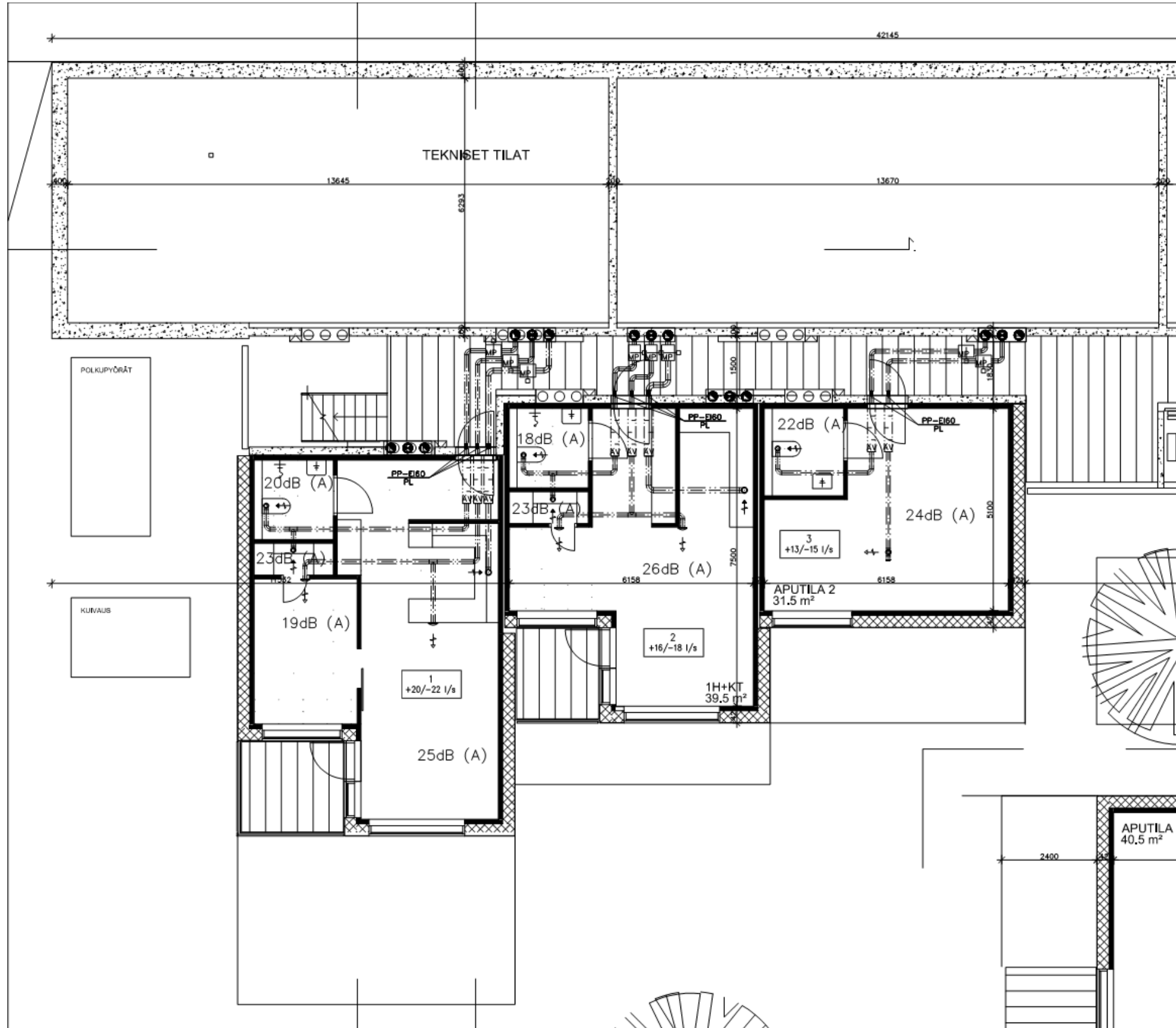
Pohjapiirustus Vesi- ja viemäröinti

8.krs



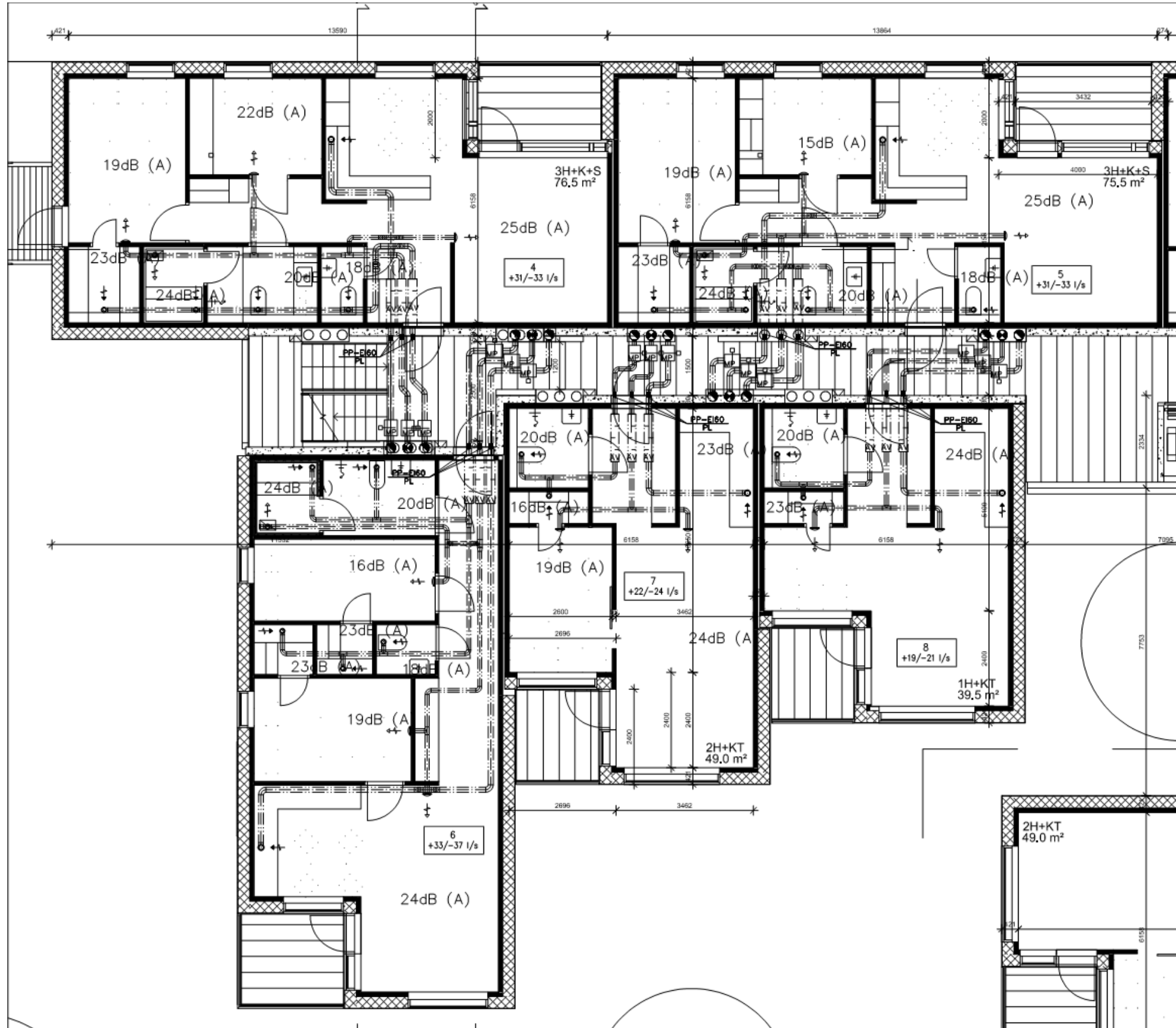
Pohjapiirustus Ilmanvaihto

1.krs



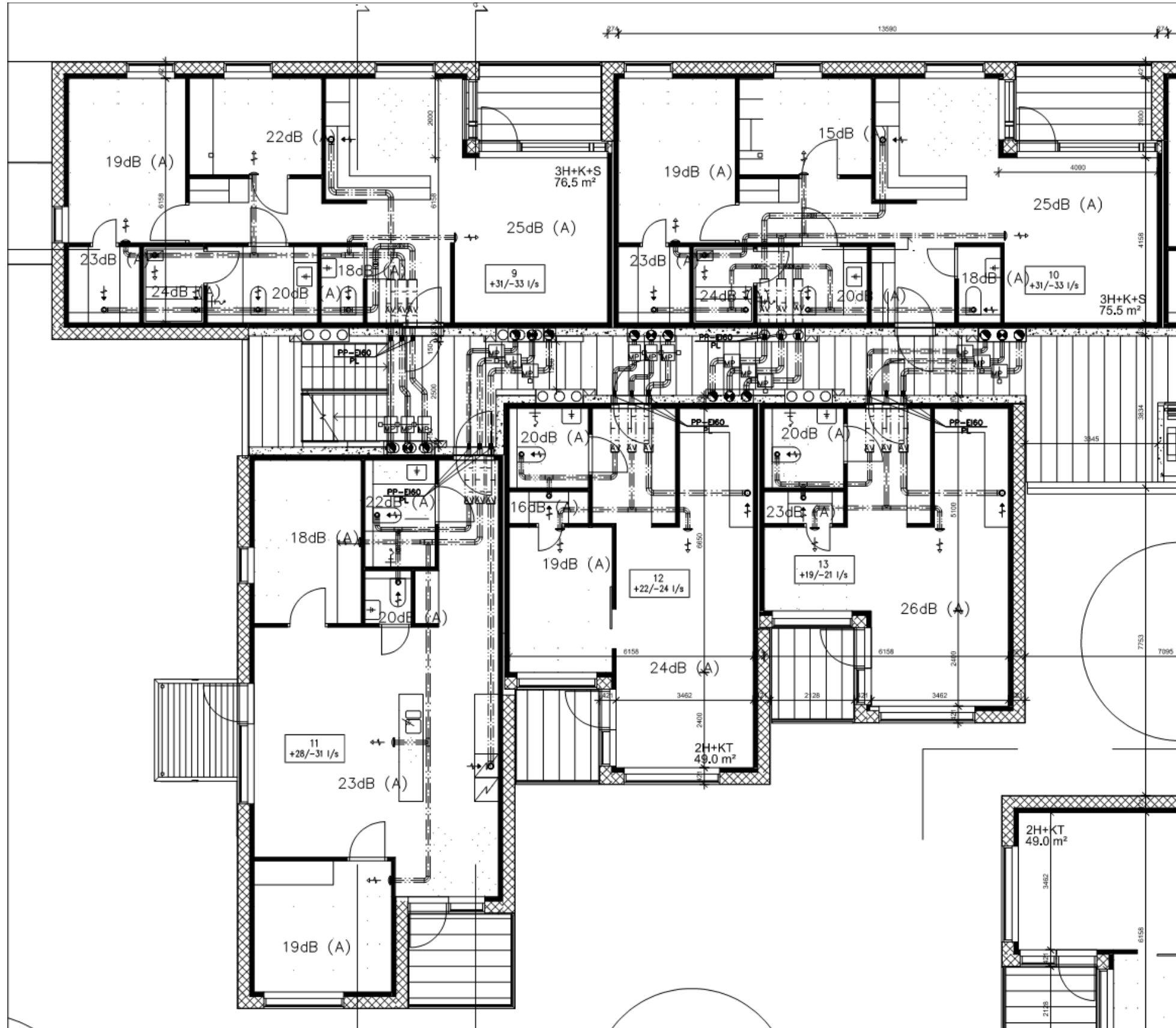
Pohjapiirustus Ilmanvaihto

2.krs



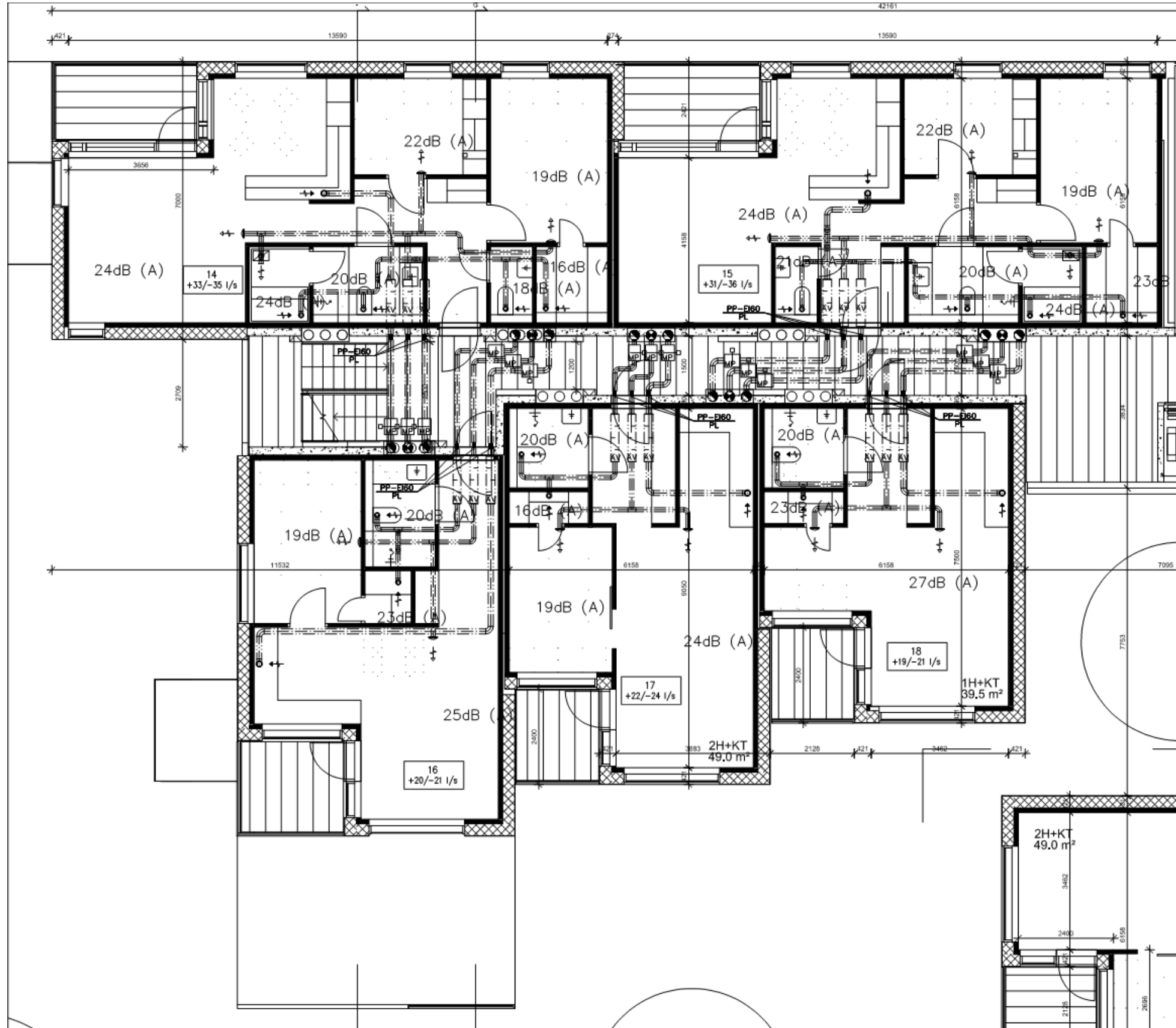
Pohjapiirustus Ilmanvaihto

3.krs



Pohjapiirustus Ilmanvaihto

4.krs



Pohjapiirustus Ilmanvaihto

7.krs

